

**INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO  
DR. ANTONO NÚÑEZ JIMÉNEZ  
FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINERÍA  
DEPARTAMENTO DE MINERÍA**

## **TRABAJO DE DIPLOMA**



**TÍTULO: PROPUESTA PARA EL CAMBIO OPERACIONAL DE LA  
MINA DE LA EMPRESA PEDRO SOTO ALBA MOANICKEL  
SA.**

**Autor: Yoeldis Suárez Reyes**

**Tutores: MSc. Eduardo Sariol López  
Dr.C Orlando Belete Fuentes**

**“Año 50 de la Revolución”**

**Moa -2008-2009**

## **PENSAMIENTO**

“La alegría es inmensa y sin embargo, queda mucho por hacer todavía. No nos engañemos creyendo que en lo adelante todo será fácil; quizás en lo adelante todo será más difícil.”

**Fidel Castro Ruz.**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a toda mi familia, a mi papá, a mis amigos y compañeros, a la revolución, a todos aquellos que de una forma u otra aportó un grano de confianza y seguridad durante todo este tiempo. Y una dedicatoria especial a mi mamá y mi padrastro que han sabido darme el apoyo y la fuerza para llegar a donde estoy.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco eternamente el esfuerzo, la dedicación y la preocupación de mis queridos padres y familia en general.

Agradecerles al M.Sc. Eduardo Sariol López y al Dr. Orlando Belete Fuentes tutores de este trabajo que hicieron posible su desarrollo exitoso.

A todos mis compañeros de aula, a mis amigos, al claustro de profesores que de una forma u otra han contribuido a mi formación como profesional.

Al personal de la mina y a los operadores de los camiones que siempre encontraron un momento para atenderme y prestarme la ayuda necesaria.

Agradecerle a todos aquellos que trabajan cada día desinteresadamente por mantener una educación gratis y un sistema verdaderamente humano.

## **RESUMEN**

EL trabajo Propuesta para el cambio operacional de la mina de la Empresa Pedro Sotillo Alba Moa Nickel SA se realiza con el objetivo de aumentar la productividad del equipamiento de carga y acarreo, disminuir los índices de consumo y lograr las exigencias planificadas, en esta investigación se realiza una caracterización de la tecnología de explotación de la mina teniendo en cuenta las principales operaciones mineras actuales, las características del equipamiento minero existente y productividad actual, se hace una caracterización geológica de los yacimientos, que abarca las características físico – mecánicas de las rocas y un balance de recursos y reservas, se propone además un cambio operacional que garantice las exigencias de la mina y un aumento considerable de las productividades del equipamiento de carga y transporte al disminuir las distancias de acarreo, se realiza un análisis comparativo entre el régimen de explotación actual y el propuesto que se enmarca en la viabilidad del régimen operacional propuesto.

## **SUMMARY**

The proposed project for a change in the mining operations of the factory Pedro Sotto Alba Moa Niquel SA was realized with the objective of increasing the productivity of the transportation equipment, decreasing the consumption index and to achieve the planed goals. In this investigation the technology used in the exploitation of the mine was characterized taking into consideration the main mining operations, the characteristics of the existent mining equipment and their actual productivity. A geological characterization of the ore deposits was made that took into consideration the physical-mechanical properties of the rocks and a balance of the resource and reserve was made. In addition, an operational change was proposed that guarantees the success of the mine and a considerable increase in the productivity of the transport equipment upon decreasing the carry distance. A comparative analysis of the actual exploitation regime and the proposed regime was done to mark the viability of the proposed operational regime.

<b>INDICE</b>		
		Pág.
	<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
	<b>CAPITULO I: CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DE LOS YACIMIENTOS.</b>	5
	Introducción	5
1.1	Yacimiento Moa Oriental.	5
1.2	Yacimiento Zona A.	7
1.3	Características físico - mecánica de las rocas.	10
1.4	Balance de recursos y reservas.	11
1.5	Condiciones climáticas de la región.	12
	<b>CAPITULO II: REGIMEN DE EXPLOTACIÓN ACTUAL</b>	14
	Introducción.	14
2.1	Operaciones mineras en el régimen de explotación actual.	14
2.2	Equipamiento minero actual.	17
2.3	Productividad del equipamiento de carga y acarreo.	18
2.4	Productividad e Índice de consumo del régimen de explotación actual	39
2.5	Ineficiencia operacional del régimen de explotación empleado.	44
	<b>CAPITULO III: ESTABLECIMIENTO DEL NUEVO REGIMEN OPERACIONAL.</b>	47
3.1	Introducción.	47
3.2	Operaciones mineras para el régimen de explotación propuesto.	47
3.3	Productividad del equipamiento de carga y acarreo para el régimen propuesto.	50
3.4	Organización del equipamiento minero para lograr la eficiencia operacional.	58
3.5	Establecimiento de los esquemas operativos para cada actividad.	61
3.6	Eficiencia operacional para cada esquema en específico.	64
	<b>CAPITULO IV: EFICIENCIA OPERACIONAL DEL REGIMEN DE EXPLOTACION PROPUESTO.</b>	66
4.1	Introducción	66
4.2	Productividad del régimen de explotación propuesto.	66
4.3	Impacto del cambio operacional propuesto en el régimen de explotación actual.	71
4.4	Resumen comparativo de resultados en los esquemas de explotación.	73
4.5	Viabilidad del nuevo régimen operacional.	76
	<b>CAPITULO V: PROTECCIÓN E HIGIENE DEL TRABAJO Y</b>	78

	<b>MITIGACION DE IMPACTOS.</b>	
5.1	Protección e higiene del trabajo.	78
5.2	Requisitos a cumplir por cada puesto de trabajo.	78
5.3	Medidas generales de seguridad.	81
5.4	Medidas específicas de seguridad por puesto de trabajo.	81
5.5	Protección del personal.	84
5.6	Instrucciones generales.	85
5.7	Mitigación de impactos ambientales.	86
	<b>Conclusiones</b>	88
	<b>Recomendaciones</b>	89
	<b>Bibliografía</b>	90
	<b>Anexos</b>	

## INTRODUCCIÓN

La industria minera del níquel representa el primer renglón de exportación de bienes del país, por tal motivo tiene una gran importancia en el desarrollo de la economía nacional, sus perspectivas futuras son de incrementar significativamente la producción y los ingresos, aprovechando además la favorable coyuntura del mercado de los metales.

Actualmente la empresa Pedro Sotto Alba Moa Nickel SA está llevando a cabo un amplio proceso de ampliación, trabajando en la expansión de su producción hasta 49 000 t de Sulfuro de Ni + Co, para lo cual debe enviar al proceso metalúrgico alrededor de 5 000 000 t de materia prima mineral cada año.

Esta empresa en una nueva reestructuración a partir del 2003 hasta el 2007, a concentrado la extracción minera en los yacimientos de Zona A y Moa Oriental. Este último contribuirá en más de un 50% del total del mineral minado, y como principales características de la explotación de dicho yacimiento se encuentran, que la misma contará con más de dos frentes abiertos, la distancia de transportación minera se mantendrá por encima de los 9.6 Km. entre el yacimiento de Moa Oriental y La Planta de Pulpa y será mayor la relación escombro mineral.

La planificación minera de esta empresa ha establecido como estrategia el aumento del parque de equipos en las condiciones actuales sin evaluar un cambio operacional que responda al aumento de la productividad y la disminución de los costos operacionales.

Durante el segundo semestre del año 2007 y el 2008 se estudió y analizó el sistema operacional de la mina obteniendo resultados negativos, disponiéndose de condiciones y vías de solución para elevar la eficiencia con la introducción de un cambio operacional que permite la aplicación de técnicas de organización del trabajo que permitan aumento en la productividad.

### **Determinación del problema, objeto y objetivos.**

Sobre este trabajo no se han realizado otras investigaciones, pero algunos autores tratan la problemática desde el punto de vista de la combinación del transporte automotor de diferentes capacidades de carga, la combinación transporte automotor – transporte de banda y otros solamente concluyen el aumento del parque de equipos de carga y acarreo como solución del problema.

Rafael Sánchez Almaguer, 1987, en su trabajo “Estudio de los depósitos de la mina Moa considerando el punto de recarga”, se sentaron las bases para el desarrollo de una metodología que permitiera una ubicación racional del punto de recarga, considerando el desarrollo dinámico de los trabajos mineros para lograr la eficiencia en la combinación del transporte automotor – banda transportadora.

Alexander Morejón Álvarez, 2002-2003, en su trabajo “Alternativas de mejoras en el esquema de transportación entre Moa Oriental y Planta de Pulpa”, propone las variantes posibles a aplicar en un esquema de transportación desde el yacimiento Moa Oriental hasta la planta de pulpa combinando camiones articulados y rígidos con la misma o mayor capacidad que la flota existente.

### **Problema Científico:**

- Ø Disminución de la productividad del equipamiento de carga y acarreo al aumentar considerablemente la distancia de transportación durante la explotación de los nuevos yacimientos.

### **Objeto de estudio:**

- Ø Equipamiento de carga y acarreo de la mina de la Empresa Pedro Sotto Alba Moa Nickel SA.

### **Campo de acción:**

- Ø La explotación del equipamiento de carga y acarreo en la mina Pedro Sotto Alba Moa Nickel SA.

### **Hipótesis:**

- Ø Si se fracciona la distancia de transportación, acarreando el mineral desde los frentes de extracción hasta depósitos intermedios y de estos hasta la planta de preparación de pulpa, se logra aumentar la productividad del equipamiento de carga y acarreo.

**Objetivo General:**

- Ø Elevar la eficiencia operativa del equipamiento de carga-acarreo a niveles superiores en correspondencia con la tecnología utilizada.

**Objetivos Específicos:**

1. Establecer los esquemas operacionales para cada actividad en específico.
2. Aumentar la productividad del equipamiento de carga y acarreo.
3. Disminuir los costos operacionales.

**Estructura de la tesis.**

La tesis presenta la siguiente estructura: introducción, cinco capítulos, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

En la introducción se establece el problema, el objeto de estudio, la hipótesis y los objetivos generales y específicos y se señala la novedad científica.

En el primer capítulo se realiza el análisis del marco teórico o estado del arte sobre la temática y su actualidad tanto en Cuba como a nivel internacional.

En el segundo capítulo se realiza una caracterización geológica de los yacimientos, la evaluación físico – mecánica de las rocas, el balance de reservas y valoración de las condiciones climáticas de la región.

En el tercer capítulo se realiza una organización de las operaciones mineras para el régimen de explotación propuesto, se calculan las productividades del equipamiento de carga y acarreo para este régimen propuesto, la distribución del parque de equipos para cada actividad en específico, el establecimiento de los esquemas operacionales para cada actividad y la eficiencia de cada uno de ellos.

En el cuarto capítulo se determina la productividad del régimen de explotación propuesto, se realiza una evaluación de los impactos científicos, tecnológicos, económicos, sociales y medioambientales producidos por la investigación, se hace un análisis comparativo de los esquemas de explotación y las ventajas que trae consigo el nuevo régimen operacional.

En el quinto capítulo se resaltarán las medidas para la seguridad, protección e higiene del trabajo y la mitigación de los impactos.

## **Materiales y métodos:**

### **Métodos teóricos**

1. Análisis y síntesis: Se realizó el análisis para fundamentar la necesidad del cambio operacional en la Subdirección de Minas de la Mina Pedro Sotto Alba Moa Nickel SA. La síntesis nos indica los puntos esenciales que condicionan las principales deficiencias. El análisis y la síntesis en su interrelación dialéctica se aplicó durante todo el proceso de investigación.
2. Histórico – lógico: En el estudio de nuestro objeto de la investigación en los últimos años.
3. Inducción y deducción: En la propuesta lógica del cambio operacional en la mina de la empresa Pedro Sotto Alba Moa Nickel SA.

### **Método práctico:**

1. Fotografía laboral: Monitoreo de la productividad del equipamiento de carga y acarreo en las actividades de escombreo y extracción minera, confección de la base de datos y cálculo de la productividad actual de la mina.

## **CAPITULO I. Características geológicas de los yacimientos**

### **Introducción**

Grandes depósitos de limonita níquelífera y serpentina ocurren a lo largo de la costa nordeste de Cuba en la provincia de Holguín. Los depósitos de limonita níquelífera ocurren como una manta superficial espesa de tierras residuales, arcillas y rocas parcialmente descompuestas. En la región de Moa, grandes áreas de rocas ultrabásicas que contienen pequeñas cantidades de níquel y cobalto han sido lixiviados por efecto de la lluvia por prolongados períodos de tiempo. La acción de la lixiviación preferencialmente disuelve y remueve ciertos metales tales como silicio, calcio y magnesio formándose arcillas enriquecidas en níquel, cobalto y hierro.

El contacto superior de la zona de níquel comercialmente explotable, llamada limonita, es definida para una ley de corte de níquel de 1% y es generalmente bastante regular. La zona inferior de la limonita es definida por la ley de corte de hierro de 35% y es altamente irregular con frecuentes valles y pináculos de descomposición de material rocoso que se proyecta dentro de la limonita. La zona limonítica como se define típicamente, varía de 2 a 7m de espesor, incrementándose ocasionalmente hasta un espesor de 15 m.

### **1.1 Yacimiento Moa Oriental (ver anexo # 1).**

Este yacimiento se localiza al este del río Moa y las cortezas de intemperismo que lo forman ocupan un área total de aproximadamente 8.2 km<sup>2</sup>. Desde el punto de vista geomorfológico éste es un yacimiento que presenta vaguadas con ondulaciones moderadas, predominan los perfiles completos de la corteza de intemperismo y altos espesores de la mena tecnológica (LB). La corteza de intemperismo en el yacimiento se ha desarrollado esencialmente sobre Serpentinitas – Harzburgitas y Harzburgitas fuertemente serpentinizadas. Estas rocas cubren prácticamente el 85% del área del yacimiento. Localmente aparecen otras rocas pero de muy poco predominio en el basamento.

### **Tectónica**

Está representada por una gran diversidad de dislocaciones disyuntivas clasificadas en 4 sistemas, los cuales se relacionan a continuación: Fallas antiguas, relacionadas con la época del emplazamiento de los macizos Hiperbásicos que coinciden con el plegamiento general de los complejos antiguos. Dislocaciones de desplazamiento lateral de las

formaciones de dirección occidental – noroccidental. Dislocaciones que dividen la estructura en Horts y Grabens en la región, con dirección noroeste y norte – noreste. Dislocaciones tectónicas jóvenes de dirección sublatitudinal, paralelas al eje de la depresión marina al sur de Cuba (Bartlet) en el Caribe.

### **Condiciones hidrogeológicas**

Se caracterizan por un amplio desarrollo de la corteza de intemperismo desarrollada a partir de ultrabasitas serpentinizadas. En estas condiciones las aguas subterráneas se distribuyen tanto en las zonas ocrosas como en las agrietadas del substrato, donde alcanza una potencia de 2 a 4m.

El yacimiento se encuentra limitado por los ríos Moa y Los Lirios, presentándose dos horizontes acuíferos característicos: uno superior representado por las zonas de ocres inestructurales con y sin perdigones y los ocres estructurales, y un horizonte inferior representado por las ultrabasitas serpentinizadas desintegradas y fracturadas.

El horizonte superior esta distribuido en la zona ocrosa, su principal fuente de abasto lo constituye las precipitaciones atmosféricas, las que determinas la aparición de algunos manantiales y arroyos intermitentes, su gasto es en 1 – 6 l/seg. La transmisibilidad del yacimiento oscila entre 0.46 m<sup>2</sup>/día hasta 11.26 m<sup>2</sup>/día. El horizonte inferior también posee una distribución uniforme por todo el yacimiento y tiene una relación hidráulica con el superior, constituyendo ambos un complejo acuífero único.

Hidrológicamente el yacimiento es posible caracterizarlo en tres zonas donde existen los mayores horizontes acuíferos y donde existe estabilidad de los niveles de las aguas subterráneas, las cuales se ubican al norte por los bloques 1439 y 1440; hacia el sudeste por los bloques 1042, 943 y 942, y al sudoeste por el bloque 835. para el resto del yacimiento prácticamente las potencias acuíferas tienen un desarrollo pobre o solo aparecen en tiempo de lluvia.

### **Modelo Geológico del Yacimiento Moa Oriental.**

En la última década, existe un interés creciente por la utilización de las técnicas geoestadísticas en la evaluación y planificación de explotación minera, esto es consecuencia de la importancia económica que tiene el disponer de una evaluación previa de la cantidad y calidad de los recursos mineros estimados in situ.

En lo que respecta a la problemática de la estimación en minas, esto está centrado a dos aspectos fundamentales:

1. Los factores Geológicos y Mineros propios del yacimiento, ligados a la geometría de la mineralización.
2. Los aspectos técnico-económicos intrínsecos de la explotación.

Con el objetivo de aumentar el conocimiento de nuestros yacimientos lateríticos, hemos dado a la tarea de emplear estas técnicas para la estimación de nuestros Recursos Minerales.

El objeto de estudio para la creación del Modelo Digital del Terreno, en este caso corresponde al yacimiento Moa Oriental, el cual está explorado en una red detalla de 33X33 metros.

Siguiendo las etapas básicas para el estudio geoestadístico (M. Chica Olmo, 1988), procedimos a procesar la información disponible con los software que poseen las herramientas competentes para dicho estudio.

### **Resultados y procesamiento de la Información Geológica (Soporte de Base de Datos)**

La base de datos usada en los cálculos fue creada por Geominera, utilizando el Gestor de Sistemas Informáticos (SGV), centrado en un paquete informativo, obtenido a partir de las perforaciones ordinarias de diferentes etapas de exploración de la red de 100x100 y 33x33 m fundamentalmente, Toda la información ha sido revisada y validada por los Departamentos de Geología y Planificación de la PSA.

La información de los pozos de perforación contiene los intervalos de los sondeos, los resultados de los análisis químicos y la codificación de la litología predominante de cada intervalo.

### **1.2 Yacimiento Zona-A de Moa Occidental (ver anexo # 2).**

Este yacimiento ocupa un área de 4.7 km<sup>2</sup> y se encuentra limitado al norte por el río Cabañas, al oeste por el arroyo La Vieja, al sur por zonas minadas del yacimiento Zona-B y al este por la fábrica Pedro Sotto Alba y la Planta de agua. Esta corteza se ha desarrollado fundamentalmente a partir de Serpentinatas, Harzburgitas y Harzburgitas serpentinizadas, que dieron origen al desarrollo de un perfil litológico completo en casi todo el yacimiento, aunque muy localmente en la parte oeste afloran arcillas procedentes de rocas Básicas mezcladas con lateritas ferruginosas. En el yacimiento está bien

desarrollada la zona de ocres con una importante presencia de la coraza ferruginosa, y hacia la profundidad las zonas de los ocres estructurales finales, iniciales, zonas de serpentinas lixiviadas y ocretizadas y las zonas de serpentinas desintegradas.

### **Tectónica**

Las dislocaciones presentes en este yacimiento principalmente hacia la parte oeste, en los bloques (P-27, P-28, Q-28, Q-29, R-28, S-29), donde parece extenderse una falla de dirección Norte Sur, en la zona de afluencia de aguas superficiales la mayor parte de las áreas han sido afectadas por sistemas de fallas de menor desarrollo, las cuales siguen un rumbo Norte-Sur predominante, por las cuales se drenan las aguas superficiales y las que provienen del manto freático. Este sistema a contribuido a que por estos sistemas de fallas se desarrolle un proceso erosivo significativo.

### **Relieve**

El relieve del yacimiento Zona-A es relativamente uniforme con cotas que van desde 17m con relación al nivel del mar en las zonas más septentrionales hasta los 164m en la parte sur del yacimiento, estas alturas van ascendiendo de forma gradual sin cambios bruscos hacia el sureste y con cambios más notables hacia el oeste, donde aparecen algunos bloques con pendientes algo brusca.

### **Condiciones hidrogeológicas**

El yacimiento Zona-A se encuentra formando parte de un monoclinal en dirección Norte a Sur con pendientes suaves de 5 a 20 grados, las elevaciones varían desde 17 a 164m siendo las mayores hacia el Sur y Este. En toda su extensión se encuentra surcado por siete cursos superficiales de 2do orden que drenan sus aguas en dirección Sur-Norte hacia el río Cabañas. Las precipitaciones atmosféricas, determinan la aparición de las principales fuentes de abasto a los horizontes acuíferos. Existe complejidad desde el punto de vista hidrogeológico, dado por la presencia de aguas subterráneas en los niveles inferiores del perfil laterítico, los niveles de estas aguas subterráneas presentan diferentes profundidad dentro del yacimiento que van desde los 18 metros máximos hasta 1m en los niveles mínimos, coincidiendo este último con la zona de aluviales del río Cabañas hacia el límite Este.

Teniendo en cuenta el pH de las aguas subterráneas presentes en el yacimiento se puede establecer tres zonas principales, la primera zona esta ubicada en el Norte y Este del yacimiento, en áreas cercanas a la Planta Pedro Sotto Alba donde predominan las aguas

ácidas, la segunda zona está definida en la zona central caracterizada por la presencia de aguas ligeramente ácidas, la tercera zona esta definida hacia la parte Sur Oeste del yacimiento donde se encuentran aguas con pH neutros a ligeramente básicas. Las oscilaciones promedio de los niveles de las aguas subterráneas teniendo en cuenta los periodos de máxima y mínima precipitación van desde 1m hasta 6.7m.

### Presas de rechazo

El área de trabajo abarca una extensión total de 294.26ha, dividido en dos áreas denominadas Presa de Rechazo Vieja y Presa de Rechazo Nueva. Las cotas en la Presa Vieja oscilas entre 127.6 hasta 181.7 caracterizados por dos sectores uno hacia el Este con pendientes abruptas hacia el Río Moa definida por un sistema de cárcavas que cortan el depósito hasta su base.

La Presa Nueva tiene valores de cotas que varían de 179.3 hasta 206.4 sobre el nivel del mar, con pendiente suave E-W. En general, el nivel de variabilidad de los parámetros fundamentales se mantiene en la categoría de muy estable (muy homogéneo), tanto para la Presa Nueva como para la Presa Vieja, destacándose la potencia del cuerpo mineral como el parámetro más variable de estos depósitos.

Los niveles de concentración de los elementos útiles (Ni y Co) en el material de ambas presas es tal que todos los pozos cumplen la condición fundamental de cálculo para el mineral de balance: Ni>1% y Fe>35%, aunque cabe destacar que las concentración de Mg son mayores de 1% en la abrumadora mayoría (97%) de los pozos, o sea, son generalmente muy superiores a 0.7%, lo que es perjudicial a la eficiencia del proceso metalúrgico. El valor del promedio aritmético de los siguientes parámetros fundamentales para cada presa se indica a continuación, siendo las unidades de medidas las siguientes: los contenidos, en % de peso seco; la potencia en metros; el peso volumétrico seco en t/m<sup>3</sup> y la velocidad de sedimentación en mm/2h

Presa	%Fe	%Ni	%Co	%Mg	%SiO <sub>2</sub>	%Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PV t/m <sup>3</sup>	>20mesh	<20mesh	V.Sed Mm/2h	Poten, m
Nueva	43.1	1.23	0.117	1.82	6.5	10.5	1.13	45.35	54.65	161.72	26.57
Vieja	44.3	1.29	0.120	1.55	5.9	9.14	1.20	33.51	64.52	163.92	9.75

Atendiendo a los valores promedios de la composición química, se puede afirmar que el material de las presas de rechazos es equivalente al material de la mena LB cruda que

comúnmente se encuentra en los yacimientos lateríticos de Cuba Oriental. La velocidad de sedimentación del material de rechazo de las presas es en ambos casos favorable, ya que sobrepasa ampliamente los 140mm/2h, siendo como promedio alrededor de 160mm/2h para estas presas.

En cuanto al contenido de fracciones por encima y debajo de 20 mallas en este material, existe una mayor proporción de la granulometría fina (< 20 mallas) en ambas presas en relación a la fracción de mayor granulometría, siendo respectivamente para las presas Nueva y Vieja de 54.65% con 34.58% de fluctuación entorno al valor medio; 64.52% con 17.05% de variación respecto a la media. Por tanto, existe mayor cantidad de material fino en la presa Vieja que en la Nueva.

### 1.3 Características físico - mecánica de las rocas.

El peso volumétrico varía significativamente por tipo de litología, lo cual determina que un mismo tipo de mena pueda tener diferente peso volumétrico en dependencia de la zona al no estar condicionada por tipo de litología, los cálculos se realizan con un valor único de peso volumétrico para cada yacimiento o sector. Ver Tabla 1.31.

La humedad varía en dependencia de la profundidad, encontrándose los valores más altos en el material serpentínico.

Tabla 1.31. Características físico - mecánica de las rocas

Parámetros	U/M	Zona A	Moa Oriental	Presas Rechazo
∨ Mineral				
Peso volumétrico:				
.Seco In-situ	t/m <sup>3</sup>	1.05	1.05	1.16
.Húmedo In-situ	t/m <sup>3</sup>	1.62	1.63	1.39
.Húmedo suelto	t/m <sup>3</sup>	1.27	1.20	
.Humedad	%	34.0	36.0	35.0
.coef. esponjamiento		1.27	1.37	
∨ Escombros				
Peso volumétrico:				
.Seco In-situ	t/m <sup>3</sup>	1.50	1.50	

.Húmedo In-situ	t/m <sup>3</sup>	1.91	1.90	
.Húmedo suelto	t/m <sup>3</sup>	1.36	1.72	
.Humedad	%	21.5	21.0	
.coef. esponjamiento		1.40	1.37	

#### 1.4 Balance de recursos y reservas minerales (ver Tabla 1.41).

##### Estimación de recursos minerales.

La estimación de los recursos minerales de los yacimientos de Zona A, Moa Oriental y Presas de Rechazo se logra utilizando el método de Modelo de bloques. Las dimensiones de los bloques son de 8x8x3 m y obedecen a criterios técnicos relacionados con el perfil geológico del yacimiento y las propiedades físico – mecánicas del mineral, así como los parámetros fundamentales del equipamiento minero.

Tabla 1.41. Balance de Recursos minerales (Cierre 3<sup>er</sup> Trimestre 2008)

Nº	Yacimiento	Recursos, t	% Ni	% Fe	% Co	Ni + Co
1.	Moa Oriental.	17 742 800	1.22	43.9	0.140	1.36
2.	Zona A.	5 133 600	1.26	41.3	0.120	1.38
3.	Zona A West.	873 200	1.31	43.3	0.130	1.44
4.	Zona Pronóstico	747 500	1.45	41.8	0.070	1.52
5.	Yamanigüey Cuerpo I	115 500	1.36	42.0	0.100	1.46
6.	TOTAL	24 612 600	1.24	43.3	0.130	1.37

Dentro de las presas de rechazo contempladas para el plan de minería del 2009 se tienen como recurso al cierre del III Trimestre del 2008 los siguientes valores:

Presa	Volumen (t)	% Fe	% Ni	% Co	Ni+Co
Vieja	834 300	42.7	1.22	0.121	1.34
Nueva	5 762 600	43.4	1.22	0.122	1.34

El uso de estos recursos durante las labores de explotación será valorado en correspondencia con las condiciones minero-técnicas imperantes en cada presa en ese momento.

### Estimación de reservas minerales.

La estimación de reservas planificadas de Moa Oriental y Moa Occidental (ver Tabla 1.42), utilizamos la estimación de recursos obtenidos de la forma anteriormente expuesta, realizando las deducciones a los mismos según el Acuerdo de febrero del 2000, dentro de los cuales encontramos:

1. Protecciones medioambientales.
2. Pozos aislados.
3. Pozos con potencia  $\leq 2$  m en la periferia.
4. Restricciones por líneas eléctricas.

Tabla 1.42. Estimado de Balance de Reservas minerales (Cierre 3<sup>er</sup> Trimestre 2008)

Nº	Yacimiento	Reservas, t	% Ni	% Fe	% Co	Ni + Co
1.	Moa Oriental.	12 292 800	1.20	45.00	0.140	1.34
2.	Zona A.	2 894 700	1.13	40.80	0.100	1.23
3.	Zona A West.	376 300	1.23	41.10	0.140	1.37
4.	Zona Pronóstico	126 200	1.47	39.10	0.060	1.53
5.	Yamanigüey Cuerpo I	34 600	1.34	41.20	0.100	1.44
6.	TOTAL	15 724 600	1.19	44.10	0.130	1.32

### 1.5 Condiciones climáticas de la región.

La región de estudio se caracteriza por condiciones climáticas propias de un clima tropical lluvioso, muy húmedo y con precipitaciones mayores a los 1000 mm al año. La conjugación del relieve y su alineación entre el Este y el Noreste con la dirección de los vientos alisios procedentes del océano Atlántico, ocasionan que el aire cargado de humedad sea frenado por el sistema montañoso, originando las intensas precipitaciones que se producen en la mayor parte del año. La época de mayor volumen de las precipitaciones ocurre desde septiembre hasta marzo, coincidiendo con la temporada invernal y la de menor volumen desde abril hasta agosto que coincide con la primavera y el verano.

Anualmente ocurren precipitaciones en rangos de 1,400 a 2,000 mm con más de 60 a 70% de ocurrencia en los meses de lluvia. Normalmente el mes de mayores precipitaciones es noviembre. Como en todo el territorio de Cuba el área no está exenta

de afectaciones por depresiones tropicales y grandes huracanes como el Flora donde se registraron hasta 72 mm de lluvia en 1 hora.

Las variaciones de las temperaturas son pequeñas en sentido general, manifestándose temperaturas cálidas, próximas a los 28° C - 30° C , en los meses de verano, en cambio, las temperaturas mínimas se presentan en la temporada invernal, siendo enero y febrero los meses más fríos.

## **CAPITULO II. Régimen de explotación actual**

### **Introducción**

La minería de la empresa Pedro Sotto Alba Moa Nickel SA ha sufrido la influencia de una serie de factores naturales (incremento de la relación escombros-mineral, disminución de la potencia mineral y la ley de los componentes útiles) que progresivamente han afectado la productividad del trabajo en las diferentes operaciones mineras.

El desarrollo de la minería se realiza en frentes continuos a través de múltiples bancos para lograr la alimentación de la Planta de Preparación de Pulpa con la calidad planificada, lo que hace imposible mantener la estabilidad necesaria durante la alimentación debido a las causas siguientes:

1. Aumento de la variabilidad de los componentes útiles y nocivos de los Yacimientos.
2. Insuficiencia de frentes preparados para lograr la mezcla necesaria y garantizar la calidad de la mena alimentada.
3. Alimentación directa desde frentes mineros.
4. Aumento considerable de la distancia de acarreo de la mena.
5. Disminución de la productividad del equipamiento minero.
6. Disminución de la disponibilidad del equipamiento minero.

Las operaciones mineras actuales están organizadas por la Subdirección de Minas de la forma siguiente:

1. Exploración geológica.
2. Desbroce.
3. Construcción de caminos.
4. Destape.
5. Extracción.
6. Traspasos.

### **2.1 Principales Operaciones Mineras Actuales.**

1. Escombros.
2. Extracción minera.

3. Operaciones auxiliares.
4. Traspaso desde depósitos intermedios de almacenamiento.

### **Actividad de escombreo minero**

La operación de escombreo se lleva a cabo en un régimen de trabajo de 24 horas y se divide en 3 Unidades.

1. Escombreo Tokmakjian (Contrato).
2. Escombreo Moa Oriental.
3. Escombreo Moa Occidental.

Cada una de estas unidades tiene bien definido su plan de escombreo anual, mensual, diario y por turnos, para ello se le asigna un determinado parque de equipos mediante una planificación diaria.

Esta actividad no responde a la planificación de la mina, incumpliendo su plan de producción, debido fundamentalmente al insuficiente equipamiento que se destina realmente para la misma y las difíciles condiciones de las escombreras hacen imposible la productividad de la actividad.

### **Actividad de extracción minera**

La operación de extracción minera se lleva a cabo en un régimen de trabajo de 24 horas y se divide en 2 Unidades.

1. Extracción minera de Moa Oriental.
2. Extracción minera de Moa Occidental.

Cada una de estas unidades tiene bien definido su plan de extracción anual, mensual, diario y por turnos, para ello se le asigna un determinado parque de equipos mediante una planificación diaria.

Partiendo de una falta de reservas técnicamente listas, debido al atraso acumulado durante años en la actividad de escombreo, se extraen minerales en zonas con alta variabilidad de los parámetros de calidad, que se alimentan a la Planta de Preparación de Pulpa sin una previa homogeneización, solo se lleva a cabo una mezcla de diferentes frentes que al no cumplir con las proporciones exactas en muchas ocasiones altera la calidad de la mena alimentada, influyendo negativamente en el proceso metalúrgico.

Los yacimientos lateríticos con que contamos, considerados yacimientos de variabilidad dinámica en cuanto a sus componentes útiles y elementos nocivos y las reservas técnicamente listas para la extracción minera no permiten operar simultáneamente en varios frentes y cuando se logra, al diferir tanto las distancias de acarreo, varían las proporciones planificadas, influyendo directamente en la calidad de la mena alimentada.

### **Operaciones auxiliares.**

Dentro de las operaciones auxiliares podemos encontrar varias, pero solamente nos vamos a referir al mantenimiento de caminos, ya sean principales o secundarios.

Esta operación se lleva a cabo en un régimen de trabajo de 12 horas por una brigada de mantenimiento de caminos.

El mantenimiento de los caminos principales, secundarios y de acceso a las diferentes áreas de extracción permite operar simultáneamente en varios frentes, la falta de equipos para el acarreo del material de relleno provoca que en ocasiones no se pueda operar en determinadas áreas por las malas condiciones de los caminos o no alimentar la proporción de mena planificada ya que el equipamiento de minería se destina al mejoramiento de caminos, preparación de accesos y otras tareas, ocasionando que se dejen de incorporar al proceso metalúrgico menas que por su contenido logran estabilizar la alimentación.

### **Traspaso desde depósitos intermedios de almacenamiento.**

Los depósitos que operan en la mina son depósitos de almacenamiento de mineral ya que en estos no se llevan a cabo procesos de mezclado, de prehomogeneización y mucho menos de homogeneización de las menas que se depositan en ellos, esta operación solo constituye una opción para los casos de lluvia, malas condiciones de los frentes de extracción, agotamiento de las reservas y para evitar falta de mineral.

El almacenamiento de mineral en estos depósitos tiene como objetivo fundamental la satisfacción de la demanda de materia prima de la Planta de Preparación de Pulpa en los períodos de lluvia, pero la mena almacenada que ya fue muestreada en una ocasión se vuelve a muestrear, lo que trae consigo el aumento de los costos de la actividad.

## 2.2 Equipamiento minero existente.

El equipamiento minero principal (ver Tabla 2.21) se utiliza para garantizar la producción de la mina. Este se calcula sobre la base del volumen de trabajo de cada actividad, la distancia de transportación, la disponibilidad mecánica, el régimen de operación, la utilización del tiempo y las interrupciones por factores climáticos, entre otros. Existen otros equipos de apoyo a la minería, adquiridos teniendo en cuenta básicamente el volumen de trabajo para los cual están diseñados. Estos equipos auxiliares cumplirán las funciones siguientes: perforación de explotación, construcción y mantenimiento de caminos mineros, carga y transportación del material rechazado, excavación de material para revestimiento de caminos, mantenimiento de diques, canales, piscinas de sedimentación, etc.

Tabla 2.2.1 Equipamiento Minero existente (Actualizado Marzo 2009).

Equipamiento minero – Moa Níkel (Medios propios)

Nº	Equipamiento	Parque de equipos
1	Retroexcavadora Volvo-LC-700 (15, 17)	2
2	Retroexcavadora Liebherr R964B, cuchara de 4 m <sup>3</sup> , Prof. Exc. = 7 m. (9, 11, )	4
3	Retroexcavadora Liebherr R984B, cuchara de 6 m <sup>3</sup> , Prof. Exc. = 9 m. (8, 10, 14, 16 )	4
4	Camión Articulado, Volvo A40D, capacidad de carga 37 t, 23 m <sup>3</sup> .	39
5	Camión Rígido Komat'su HD465, capacidad de carga 55 t, 34.2 m <sup>3</sup>	4
6	Bulldozer Komatsu D85, D155, D375.	15
7	Cargador Frontal Komat'su W600 y W700.	5
8	Moto niveladora	4
9	Compactador Dinapac.	2
10	Pipa de riego de agua Western Star	2
11	Pipa de riego de agua Volvo A40D articulado	2
12	Cuña	1
13	Perforadora	5

### Contrato Tokmakjian (Desarrollo minero)

No.	Equipamiento	Cantidad
1	Retroexcavadora Hyundai	3
2	Camión articulado Terex TA-40	3
3	Bulldózer	2
4	Moto niveladora	1
5	Pipa Combustible	2
6	Camión móvil	1

### 2.3 Productividad del equipamiento de carga y acarreo.

La productividad del equipamiento de carga y acarreo tendrá como objetivo la fundamentación del cambio operacional propuesto sobre una base de cálculo teórico-práctica, que parte de las productividades alcanzadas en diferentes periodos de explotación de la mina.

#### Productividad del equipamiento de carga (ver Tabla 2.31):

#### Productividad actual durante las operaciones de escombreo

El escombreo se realizará utilizando retroexcavadora Liebherr, modelo R964 y R984 con capacidad del cubo;  $V_c = 5.2 \text{ m}^3$  y  $V_c = 6 \text{ m}^3$  respectivamente.

#### Productividad de la retroexcavadora Liebherr R964 para la actividad de escombreo.

Productividad por hora:

$$Q_{ret} = 3600 * V_c * K_d * K_u * K_{ll} * K_{up} / T_{cret} * K_e$$

Donde:

$V_c = 5.2 \text{ m}^3$ . Capacidad del cubo de la retroexcavadora.

$K_d = 0.9$ . Coeficiente de disponibilidad del equipamiento.

$K_u = 0.87$ . Coeficiente de utilización del equipamiento.

$K_{ll} = 0.95$ . Coeficiente de llenado del cubo de la retroexcavadora.

$K_{up} = 1$ . Coeficiente de utilización del parque de equipos.

$T_{c ret} = 25 \text{ Seg}$ . Tiempo de ciclo de la retroexcavadora.

$K_e$  = Coeficiente de esponjamiento del escombro.

Utilizaremos el promedio de los  $k_e$  de Moa Oriental y Moa Occidental el cual tomara un valor de 1.39.

$$Q_{ret} = 13924.9 / 34.75 = 400.7 \text{ m}^3 / h$$

Tomaremos:

$$Q_{ret} = 400m^3 / h.$$

Productividad por turno:

$$Q_{turno} = HE_{turno} * Q_{ret}$$

Donde:

HE<sub>turno</sub> = Horas efectivas por turno.

$$Q_{turno} = 12 * 400$$

$$Q_{turno} = 4800m^e / turno$$

Productividad por día:

$$Q_{dia} = Q_{turno} * Nt$$

Donde:

Nt = Numero de turnos al día.

$$Q_{dia} = 4800 * 2$$

$$Q_{dia} = 9600m^3 / día$$

Por tanto:

El índice de consumo de la retroexcavadora en esta actividad es:

$$Ic = C / Qh$$

Donde:

Todos los índices de consumo se llevarán a litros por toneladas, por tanto el peso volumétrico del escombros será 1.5 t/m<sup>3</sup>.

C = consumo de la retroexcavadora; 35 l/h

Qh = productividad horaria de la retro; 400 m<sup>3</sup>/h = 600 t/h

$$Ic = 35 / 600$$

$$Ic = 0.06l / t$$

Pp = Plan de producción diario = 7873.05 m<sup>3</sup> / día.

Calculo del equipamiento a utilizar para el escombreo.

$$N_{ret} = P_p / Q_{día}$$

$$N_{ret} = 7873.05 / 9600$$

$$N_{ret} = 0.8$$

$$N_{ret} = 1 \text{ Retroexcavadora}$$

Capacidad real volumétrica del cubo de la retroexcavadora:

$$Q_{rr} = V_c * K_{ll}$$

$$Q_{rr} = 5.2 * 0.95$$

$$Q_{rr} = 4.94 m^3$$

Densidad del escombro suelto o esponjado:

$$\gamma_e = \gamma_s / K_e$$

Donde:

$$\gamma_s = 1.50 \text{ t/m}^3. \text{ Masa volumétrica del escombro seco in situ.}$$

$$\gamma_e = 1.50 / 1.39$$

$$\gamma_e = 1.1 \text{ t/m}^3$$

Capacidad real de carga del cubo.

$$Q_{rc} = Q_{rr} * \gamma_e$$

$$Q_{rc} = 4.94 * 1.1$$

$$Q_{rcf} = 5.4 \text{ t}$$

**Productividad de la retroexcavadora Liebherr R984 para la actividad de escombreo.**

Productividad por hora:

$$Q_{ret} = 3600 * V_c * K_d * K_u * K_{ll} * K_{up} / T_{cret} * K_e$$

$$Q_{ret} = 16067.2 / 33.34.75 = 462.4.7 m^3 / h$$

Tomaremos:

$$Q_{ret} = 462 m^3 / h.$$

Productividad por turno:

$$Q_{\text{turno}} = H_{\text{turno}} * Q_{\text{ret}}$$

Donde:

$H_{\text{turno}}$  = Horas efectivas por turno.

$$Q_{\text{turno}} = 12 * 462$$

$$Q_{\text{turno}} = 5544 \text{m}^3 / \text{Turno}$$

Productividad por día:

$$Q_{\text{día}} = Q_{\text{turno}} * N_t$$

Donde:

$N_t$  = Numero de turnos al día.

$$Q_{\text{día}} = 5544 * 2$$

$$Q_{\text{día}} = 11088 \text{m}^3 / \text{día}$$

Por tanto:

Como este modelo de retroexcavadora no lo utilizaremos en la actividad de escombreo no le determinaremos el índice de consumo para dicha actividad.

$$P_p = \text{Plan de producción diario} = 7873.05 \text{ m}^3 / \text{día}.$$

Con este resultado tenemos que con dos retroexcavadoras en el escombreo, una en Moa Occidental y la otra en Moa Oriental se cumplirá el plan de destape diario si se le asigna a cada retro el parque de equipos necesarios para esta tarea, para esta actividad solo utilizaremos las retroexcavadoras R964 y las R984 la utilizaremos en la extracción del mineral.

**Productividad actual durante las operaciones de extracción del mineral.**

El arranque de la masa mineral se hará utilizando retroexcavadoras Liebherr, modelos R984B y R964B, con capacidad del cubo;  $V_c = 6 \text{m}^3$  y  $V_c = 5.2 \text{m}^3$  respectivamente, la productividad de este equipamiento va ha estar afectada por el coeficiente de disponibilidad de estos equipos debido fundamentalmente a la baja disponibilidad de camiones y el aumento de la distancia de acarreo.

## **Productividad de la retroexcavadora Liebherr R964**

Productividad por hora:

$$Q_{ret} = 3600 * V_c * K_d * K_u * K_{ll} * K_{up} * \gamma_s / T_{cret} * K_e$$

Donde:

$V_c = 5.2 \text{ m}^3$ . Capacidad del cubo de la retroexcavadora.

$K_d = 0.9$ . Coeficiente de disponibilidad del equipamiento.

$K_u = 0.87$ . Coeficiente de utilización del equipamiento.

$K_{ll} = 0.95$ . Coeficiente de llenado del cubo de la retroexcavadora.

$K_{up} = 1$ . Coeficiente de utilización del parque de equipos.

$\gamma_s = 1.05 \text{ t/m}^3$ . Peso volumétrico del mineral seco in situ.

$T_{c ret} = 25 \text{ Seg}$ . Tiempo de ciclo de la retroexcavadora.

$K_e = 1.32$ . Coeficiente de esponjamiento del mineral.

$$Q_{ret} = 14621.12 / 33 = 443.1 \text{ t/h}$$

Tomaremos:

$$Q_{ret} = 443 \text{ t/h}$$

Productividad por turno:

$$Q_{turno} = H_{Eturno} * Q_{ret}$$

Donde:

$H_{Eturno}$  = Horas efectivas por turno.

$$Q_{turno} = 12 * 443$$

$$Q_{turno} = 5316 \text{ t/Turno}$$

Productividad por día:

$$Q_{dia} = Q_{turno} * N_t$$

Donde:

$N_t$  = Numero de turnos al día.

$$Q_{dia} = 5316 * 2$$

$$Q_{dia} = 10632 \text{ t/día}$$

Por tanto:

$$Ic = C / Qh$$

Donde:

Para Moa Oriental

$$C = 40 \text{ l/h}$$

$$Ic = 40 / 443$$

$$Ic = 0.09 \text{ l/t}$$

$$Qh = 443 \text{ t/h}$$

Para Moa Occidental

La retroexcavadora en esta área tendrá el mismo índice de consumo que en la otra área.

$$Pp = \text{Plan de producción diario} = 11246.43 \text{ t / día.}$$

Calculo del equipamiento a utilizar para el arranque de la mena.

$$Nret = Pp / Qdía$$

$$Nret = 11246.43 / 10632$$

$$Nret = 1.06$$

$$Nret = 2 \text{ Retroexcavadora}$$

Capacidad real volumétrica del cubo de la retroexcavadora:

$$Qrr = Vc * Kl$$

$$Qrr = 5.2 * 0.95$$

$$Qrr = 4.94 \text{ m}^3$$

Densidad del mineral suelto o esponjado:

$$\gamma_e = \gamma_s / Ke$$

Donde:

$$\gamma_s = 1.05 \text{ t/m}^3. \text{ Masa volumétrica del mineral seco in situ.}$$

$$\gamma_e = 1.05 / 1.35$$

$$\gamma_e = 0.8 \text{ t / m}^3$$

Capacidad real de carga del cubo.

$$Qrc = Qrr * \gamma_e$$

$$Qrc = 4.94 * 0.8$$

$$Qrcf = 3.95 \text{ t}$$

## **Productividad de la retroexcavadora Liebherr R984B**

### Productividad por hora:

$$Q_{ret} = 3600 * V_c * K_d * K_u * K_{ll} * K_{up} * \gamma_s / T_{cret} * K_e$$

Donde:

$V_c = 6 \text{ m}^3$ . Capacidad del cubo de la retroexcavadora.

$K_d = 0.9$ . Coeficiente de disponibilidad del equipamiento.

$K_u = 0.87$ . Coeficiente de utilización del equipamiento.

$K_{ll} = 0.95$ . Coeficiente de llenado del cubo de la retroexcavadora.

$K_{up} = 1$ . Coeficiente de utilización del parque de equipos.

$\gamma_s = 1.05 \text{ t/m}^3$ . Peso volumétrico del mineral seco in situ.

$T_{c \text{ ret}} = 25 \text{ seg}$ . Tiempo de ciclo de la retroexcavadora.

$K_e$  = Coeficiente de esponjamiento del mineral.

Utilizaremos el promedio de los  $k_e$  de Moa Oriental y Moa Occidental el cual tomara un valor de 1.32.

$$Q_{ret} = 3600 * 6 * 0.9 * 0.87 * 0.95 * 1 * 1.05 / 25 * 1.32 = 16870.52 / 33 \approx 511.23 \text{ t/h}$$

Tomaremos:

$$Q_{ret} = 511 \text{ t/h}$$

### Productividad por turno:

$$Q_{turno} = H_{Eturno} * Q_{ret}$$

Donde:

$H_{E \text{ turno}}$  = Horas efectivas por turno.

$$Q_{turno} = 12 * 511$$

$$Q_{turno} = 6132 \text{ t/Turno}$$

### Productividad por día:

$$Q_{dia} = Q_{turno} * N_t$$

Donde:

$N_t$  = Numero de turnos al día.

$$Q_{\text{día}} = 6132 * 2$$

$$Q_{\text{día}} = 12264 \text{ t / día}$$

Por tanto:

$$I_c = C / Q_h$$

#### Para Moa Oriental

$$C = 60 \text{ l/h} \quad I_c = 60 / 511$$

$$I_c = 0.12 \text{ l / t}$$

$$Q_h = 511 \text{ t/h}$$

#### Para Moa Occidental

$$C = 66 \text{ l/h} \quad I_c = 66 / 511$$

$$I_c = 0.13 \text{ l / t}$$

$$Q_h = 511 \text{ t/h}$$

$$P_p = \text{Plan de producción diario} = 11246.43 \text{ t / día.}$$

#### Calculo del equipamiento a utilizar para el arranque de la mena.

$$N_{\text{ret}} = P_p / Q_{\text{día}}$$

$$N_{\text{ret}} = 11246.43 / 12264$$

$$N_{\text{ret}} = 0.9$$

$$N_{\text{ret}} = 1 \text{ Retroexcavadora}$$

#### Capacidad real volumétrica del cubo de la retroexcavadora:

$$Q_{\text{rr}} = V_c * K_{ll}$$

$$Q_{\text{rr}} = 6 * 0.95$$

$$Q_{\text{rr}} = 5.7 \text{ m}^3$$

#### Densidad del mineral suelto o esponjado:

$$\gamma_e = \gamma_s / K_e$$

Donde:

$$\gamma_s = 1.05 \text{ t / m}^3. \text{ Masa volumétrica del mineral seco in situ.}$$

$$\gamma_e = 1.05 / 1.32$$

$$\gamma_e = 0.8 \text{ m}^3$$

### Capacidad real de carga del cubo.

$$Q_{rc} = Q_{rr} * \gamma_e$$

$$Q_{rc} = 5.7 * 0.8$$

$$Q_{rc} = 4.56t$$

Partiendo de los resultados anteriores podemos definir que el plan de minado se garantizará con 2 retroexcavadoras en operación una en Moa Oriental y la otra en Moa Occidental. Esta actividad solo se realizará con retroexcavadoras Liebherr R984. y la R964 la utilizaremos en la actividad de escombreo.

Tabla 2.31 Productividad teórica del equipamiento de carga

Modelo de equipo	Actividad	Productividad		
		Horaria	por turno	diaria
Retro-R964	Escombreo	400 m <sup>3</sup> /h	4800 m <sup>3</sup> /turno	9600 m <sup>3</sup> /día
Retro-R984	Escombreo	462 m <sup>3</sup> /h	5544 m <sup>3</sup> /turno	11088 m <sup>3</sup> /día
Retro-R964	Extracción	443 t/h	5316 t/turno	10632 t/día
Retro-R984	Extracción	511 t/h	6132 t/turno	12264 t/día

### **Productividad del equipamiento de acarreo (ver Tabla 2.32).**

#### **Productividad actual durante las operaciones de acarreo del escombros.**

El acarreo del escombros desde los frentes de arranque hasta las escombreras se realiza en camiones articulados Volvos BM A40D hasta distancias que oscilan entre 0.9 y 1km.

Para el cálculo de la productividad utilizaremos camiones articulados Volvos BM A40D, eligiendo estos camiones debido a las ventajas que han proporcionado durante la explotación de otros sectores de extracción, lo cual a pesar de las difíciles condiciones minero-técnicas y geólogo-mineras, no merman su volubilidad (facilidad de giro) y aceptable rendimiento.

#### Entre las ventajas figuran:

1. Gran maniobrabilidad, facilitada por el sistema articulado.
2. Posibilidad de vencer grandes pendientes.
3. Excelente movilidad en el área de carga y descarga.
4. Pocas exigencias de la vía.

5. Posibilitan la elevación de la productividad de los equipos de carga.
6. Reducida presión sobre el terreno.
7. Gran volubilidad extravial, incluso en condiciones adversas.
8. Apenas necesita ayuda de equipos de cadena en el área de trabajo.
9. Potencia de frenado uniforme y aceptable, no esta sujeto a desgastes mecánicos, lo que representa su alta economía.

### **Productividad de los camiones Volvo A40D en la actividad de escombreo.**

La productividad se calculará en base a las menores y mayores distancias de acarreo del escombro (1 – 1.5Km), el calculo se realizara para la distancia mayor 1.5km con retroexcavadora modelo R964 Liebherr.

Por tanto:

Cantidad de cubos por camión Volvo BM A40D en cuanto al volumen de la caja.

$$N_{cv} = qv / Q_{rr}$$

Donde:

$qv = 22.5 \text{ m}^3$  · Capacidad volumétrica del camión.

$$N_{cv} = 225 / 49.4 = 4.55$$

$$N_{cv} = 5 \text{ cubos}$$

Cantidad de cubos por camión Volvo BM A40D en cuanto a la capacidad de carga.

$$N_{cc} = qc / Q_{rc}$$

Donde:

$qc = 37 \text{ t}$ . Capacidad de carga del camión.

$$N_{cc} = 37 / 5.4 = 6.9$$

$$N_{cc} = 7 \text{ cubos}$$

Teniendo en cuenta la baja densidad del material esponjado, optamos por considerar la cantidad de cubos en relación a la capacidad volumétrica del camión, por tanto el número es de 5 cubos.

Capacidad volumétrica real de los camiones:

$$Q_{vrcamion} = N_c * Q_{rr}$$

$$Q_{vrcamion} = 5 * 4.94$$

$$Q_{vrcami3n} = 24.7m^3$$

Capacidad de carga real de los camiones.

$$Q_{crcamion} = N_c * Q_{rc}$$

$$Q_{crcamion} = 5 * 5.4$$

$$Q_{crcamion} = 27t$$

Tiempo de carga.

$$T_c = (N_c - 1) * T_{c_{ret}} / 60$$

Donde:

(N-1)= De acuerdo a la organizaci3n de los trabajos de carga de los camiones, la retroexcavadora lo realiza en 2 ciclos, el primero durante el tiempo de maniobra del camión (retirada del camión cargado).

$T_{c_{ret}} = 25$  segundos.

$$T_c = (5 - 1) * 25 / 60$$

$$T_c = 4 * 0.41666$$

$$T_c = 1.7$$

$$T_c = 2Min.$$

**Para 1.5km**

Tiempo de recorrido cargado

$$T_{rc} = 60 * L / V$$

Donde:

L = Distancia de transportaci3n; L = 1.5 Km.

V = Velocidad promedio establecida; V = 20 Km.

$$T_{rc} = 60 * 1.5 / 20$$

$$T_{rc} = 90 / 20$$

$$T_{rc} = 4.5Min$$

Tiempo de recorrido vacío

$$T_{rv} = 60 * 1.5 / 20$$

$$T_{rv} = 90 / 20$$

$$T_{rv} = 4.5Min$$

### Tiempo de viaje

$$T_{vc} = T_{rc} + T_{rv}$$

$$T_{vc} = 4.5 + 4.5$$

$$T_{vc} = 9 \text{ Min}$$

### Tiempo de ciclo del camión

$$T_{cc} = T_c + T_{rc} + T_{rv} + T_d + T_m + T_{lv} + T_p$$

Donde:

$T_c$  = Tiempo de carga;  $T_c = 2$  min.

$T_d$  = Tiempo de descarga;  $T_d = 0.5$  Min.

$T_{rc}$  = Tiempo de recorrido cargado;  $T_{rc} = 4.5$  Min.

$T_{rv}$  = Tiempo de recorrido vacío;  $T_{rv} = 4.5$  Min.

$T_m$  = Tiempo de maniobra;  $T_m = 0.5$  Min.

$T_{lv}$  = Tiempo de limpieza del volteo;  $T_{lv} = 0.33$  Min.

$T_p$  = Tiempo perdido;  $T_p = 2$  Min.

$$T_{cc} = 2 + 4.5 + 4.5 + 0.5 + 0.5 + 0.33 + 2$$

$$T_{cc} = 13.33 \text{ Min}$$

### Productividad por hora del Camión.

$$Q_h = 60 * K_u * Q_{c \text{ camión}} / T_{cc}$$

Donde:

$K_u$  = Coeficiente de utilización del camión;  $K_u = 0.87$

$Q_{cr}$  = Capacidad de carga real de de los camiones;  $Q_{cr} = 27 \text{ t} \approx 18 \text{ m}^3$

$$Q_h = 60 * 0.87 * 18 / 13.33$$

$$Q_h = 70.5 \text{ m}^3 / \text{Hora}$$

### Productividad por turno del camión.

$$Q_{turno} = Q_{hora} * H_{et} * K_d * K_{ue}$$

Donde:

$H_{et}$  = Horas efectivas por Turno;  $H_{et} = 12$  Horas.

$K_d$  = Coeficiente de disponibilidad del equipo;  $K_d = 0.9$

$K_{ue}$  = Coeficiente de utilización del equipo;  $K_{ue} = 1$

$$Q_{\text{turno}} = 70.5 * 12 * 0.9 * 1$$

$$Q_{\text{turno}} = 761.4 \text{ m}^3 / \text{Turno}$$

#### Productividad diaria del camión.

$$Q_{\text{día}} = Q_{\text{turno}} * C_t$$

Donde:

$C_t$  = Cantidad de turnos por día;  $C_t = 2$

$$Q_{\text{día}} = 761.4 * 2$$

$$Q_{\text{día}} = 1522.8 \text{ m}^3 / \text{día}$$

Por tanto

$$I_c = C / Q_h$$

Donde:

$I_c$  = índice de consumo del camión; l/t

$C$  = consumo por hora del camión; l/h

$Q_h$  = productividad por hora del camión; t/h

El índice de consumo de los camiones en la actividad de escombreo lo calcularemos tanto para Moa Oriental como para Zona A. El valor del índice de consumo de cada una de estas áreas se multiplicará por la producción alcanzada por el número de camiones que actualmente se utilizan en dichas actividades para obtener el índice de consumo total de la actividad.

#### Índice de consumo del camión para Moa Oriental

Donde:

$$C = 25 \text{ l/h} \quad I_c = 25 / 105.75$$

$$I_c = 0.24 \text{ l/t}$$

$$Q_h = 70.5 \text{ m}^3/\text{h} = 105.75 \text{ t/h}$$

$$C_{\text{total}} = Q_h * N_c * I_c$$

$$C_{\text{total}} = 105.75 * 3 * 0.24$$

$$C_{\text{tHora}} = 76.14 \text{ l/h}$$

$$C_{\text{tTurno}} = 913.68 \text{ l/turno}$$

$$C_{\text{tDía}} = 1827.36 \text{ l/día}$$

### Índice de consumo del camión para Zona A.

Donde:

$$C = 22 \text{ l/h}$$

$$Ic = 22/105.75$$

$$Ic = 0.21 \text{ l/t}$$

$$Q = 105.75 \text{ t/h}$$

$$C_{total} = Qh * Nc * Ic$$

$$C_{total} = 105.75 * 2 * 0.21$$

$$C_{tHora} = 44.4 \text{ l/h}$$

$$C_{tTurno} = 532.8 \text{ l/turno}$$

$$C_{tDía} = 1065.6 \text{ l/día}$$

### **Productividad actual durante las operaciones de acarreo del mineral**

El acarreo de la mena desde los frentes de arranque hasta la Planta de Preparación de Pulpa y los depósitos intermedios se realiza en camiones articulados Volvos BM A40D y camiones Rígidos Komat'su HD465 hasta distancias que oscilan entre 2 y 10 Km., realizando recorridos que alcanzan los 20 Km. y logrando productividades que hacen ineficiente las operaciones mineras.

Para el cálculo de la productividad utilizaremos camiones articulados Volvos BM A40D, eligiendo estos camiones debido a las ventajas que han proporcionado durante la explotación de otros sectores de extracción, lo cual a pesar de las difíciles condiciones minero-técnicas y geólogo-mineras, no merman su volubilidad ( facilidad de giro ) y aceptable rendimiento.

#### Entre las ventajas figuran:

1. Gran maniobrabilidad, facilitada por el sistema articulado.
2. Posibilidad de vencer grandes pendientes.
3. Excelente movilidad en el área de carga y descarga.
4. Pocas exigencias de la vía.
5. Posibilitan la elevación de la productividad de los equipos de carga.
6. Reducida presión sobre el terreno
7. Gran volubilidad extravial, incluso en condiciones adversas.
8. Apenas necesita ayuda de equipos de cadena en el área de trabajo.
9. Potencia de frenado uniforme y aceptable, no esta sujeto a desgastes mecánicos, lo que representa su alta economía.

**Cálculos de Productividad de los camiones Volvo A40D y Komat'su HD465 en la actividad de acarreo minero:**

**Para la retroexcavadora Liebherr R984**

**Cantidad de cubos por camión Volvo A40D en cuanto al volumen de la caja.**

$$N_{cv} = qv / Q_{rr}$$

Donde:

$qv = 22.5 \text{ m}^3$  · Capacidad volumétrica del camión.

$$N_{cv} = 22.5 / 5.7 = 3.9$$

$$N_{cv} = 4 \text{ Cubos}$$

**Cantidad de cubos por camión Volvo A40D en cuanto a la capacidad de carga.**

$$N_{cc} = qc / Q_{rc}$$

Donde:

$qc = 37 \text{ t}$ . Capacidad de carga del camión.

$$N_{cc} = 37 / 4.56 = 8.11$$

$$N_{cc} = 9 \text{ cubos}$$

Teniendo en cuenta la baja densidad del mineral esponjado, optamos por considerar la cantidad de cubos en relación a la capacidad volumétrica del camión, por tanto el número es de 4 cubos.

**Capacidad volumétrica real de los camiones Volvo A40D:**

$$Q_{vrcamion} = N_c * Q_{rr}$$

$$Q_{vrcamion} = 4 * 5.7$$

$$Q_{vrcami\acute{o}n} = 22.8 \text{ m}^3$$

**Capacidad de carga real de los camiones Volvo A40D.**

$$Q_{crcamion} = N_c * Q_{rc}$$

$$Q_{crcamion} = 4 * 4.56$$

$$Q_{crcamion} = 18.24 \text{ t}$$

**Cantidad de cubos por camión Komat'su HD465 en cuanto al volumen de la caja.**

$$N_{cv} = qv / Q_{rr}$$

Donde:

$qv = 34.2 \text{ m}^3$  · Capacidad volumétrica del camión.

$$N_{cv} = 34.2 / 5.7 = 6$$

$$N_{cv} = 6 \text{ cubos}$$

Cantidad de cubos por camión Komat'su HD465 en cuanto a la capacidad de carga.

$$N_{cc} = qc / Q_{rc}$$

Donde:

$qc = 55 \text{ t}$ . Capacidad de carga del camión.

$$N_{cc} = 55 / 4.56 = 12.1$$

$$N_{cc} = 13 \text{ cubos}$$

Teniendo en cuenta la baja densidad del mineral esponjado, optamos por considerar la cantidad de cubos en relación a la capacidad volumétrica del camión, por tanto el número es de 6 cubos.

Capacidad volumétrica real de los camiones:

$$Q_{vrcamion} = N_c * Q_{rr}$$

$$Q_{vrcamion} = 6 * 5.7$$

$$Q_{vrcamion} = 34.2 \text{ m}^3$$

Capacidad de carga real de los camiones.

$$Q_{crcamion} = N_c * Q_{rc}$$

$$Q_{crcamion} = 6 * 4.56$$

$$Q_{crcamion} = 27.4 \text{ t}$$

Para la retroexcavadora Liebherr R964

Cantidad de cubos por camión Volvo BM A40D en cuanto al volumen de la caja.

$$N_{cv} = qv / Q_{rr}$$

Donde:

$qv = 22.5 \text{ m}^3$  · Capacidad volumétrica del camión.

$$N_{cv}=225/4.94=4.55$$

$$N_{cv} = 5 \text{ cubos}$$

Cantidad de cubos por camión Volvo BM A40D en cuanto a la capacidad de carga.

$$N_{cc} = qc / Q_{rc}$$

Donde:

qc = 37 t. Capacidad de carga del camión.

$$N_{cc} = 37 / 3.95 = 9.4$$

$$N_{cc} = 10 \text{ cubos}$$

Teniendo en cuenta la baja densidad del mineral esponjado, optamos por considerar la cantidad de cubos en relación a la capacidad volumétrica del camión, por tanto el número es de 5 cubos.

Capacidad volumétrica real de los camiones:

$$Q_{vrcamion} = N_c * Q_{rr}$$

$$Q_{vrcamion} = 5 * 4.94$$

$$Q_{vrcamion} = 24.7 \text{ m}^3$$

Capacidad de carga real de los camiones.

$$Q_{crcamion} = N_c * Q_{rc}$$

$$Q_{crcamion} = 5 * 3.95$$

$$Q_{crcamion} = 19.75 \text{ t}$$

Cantidad de cubos por camión Komat'su HD465 en cuanto al volumen de la caja.

$$N_{cv} = q_v / Q_{rr}$$

Donde:

qv = 34.2 m<sup>3</sup>. Capacidad volumétrica del camión.

$$N_{cv} = 34.2 / 4.94 = 6.7$$

$$N_{cv} = 7 \text{ cubos}$$

Cantidad de cubos por camión Komat'su HD465 en cuanto a la capacidad de carga.

$$N_{cc} = qc / Q_{rc}$$

Donde:

qc = 55 t. Capacidad de carga del camión.

$$N_{cc} = 55 / 3.95 = 13.9$$

$$N_{cc} = 14 \text{ cubos}$$

Teniendo en cuenta la baja densidad del mineral esponjado, optamos por considerar la cantidad de cubos en relación a la capacidad volumétrica del camión, por tanto el número es de 7 cubos.

#### Capacidad volumétrica real de los camiones:

$$Q_{vrcamion} = N_c * Q_{rr}$$

$$Q_{vrcamion} = 7 * 4.94$$

$$Q_{vrcamión} = 34.58m^3$$

#### Capacidad de carga real de los camiones.

$$Q_{crcamion} = N_c * Q_{rc}$$

$$Q_{crcamion} = 7 * 3.95$$

$$Q_{crcamion} = 27.65t$$

Nota #1: Como la capacidad de carga real de los camiones es diferente para los distintos modelos de retroexcavadora debido a la diferencia en la capacidad del cubo, utilizaremos para el cálculo de la productividad de los camiones el promedio de las dos capacidades de carga real que fueron obtenidas.

Los cuales tendrán los valores siguientes: para los Volvo A40D  $Q_{cr} = 19$  t, y para los camiones Komat'su HD465  $Q_{cr} = 27.5$  t.

#### Ventajas de la utilización de los camiones Volvo A40D y Komat'su HD465

- 1 Maniobrabilidad en los trabajos de carga, transporte y descarga
- 2 Excelente automatización
- 3 Buen desempeño en terrenos húmedos y abrasivos

#### **Datos**

1	Camión:		Volvo A40D
2	Coeficiente de utilización:	$K_u$	0.87
3	Capacidad de carga (t):	$q_{rc}$	19
4	Coeficiente de disponibilidad:	$K_d$	0.9
5	Tiempo de ciclo (min.):	$T_c$	
	Horas efectivas del turno (min.)	$H_{efec}$	12

## Datos

1. Camión:	Komat'su HD465	
2. Coeficiente de utilización:	$K_u$	0.87
3. Capacidad de carga (t):	$q_{rc}$	27.5
4. Coeficiente de disponibilidad:	$K_d$	0.9
5. Tiempo de ciclo (min.):	$T_c$	
Horas efectivas del turno (min.)	Hefet	12

Nota #2: El tiempo de ciclo se tomará por las mediciones hechas en el terreno es decir, por lo obtenido en la fotografía laboral.

Nota #3: El tiempo de limpieza del volteo se tomará por lo visto en la práctica como 0.33min ya que los camiones limpian su volteo en un minuto cada 4 viajes aproximadamente, este minuto multiplicado por los 4 viajes nos da 4 min., los cuales se distribuyen en las 12 horas de trabajo del turno, obteniendo los 0.33 min. de limpieza del volteo

### Fotografía Laboral:

Por este método obtuvimos las productividades de los distintos frentes en operación de la mina, y todos los cálculos del equipamiento de acarreo del mineral están en función de la práctica (**ver anexos 3 y 4**).

### Moa Oriental:

Calculo de la productividad de Área #23 - Planta de Pulpa, ver datos en el Anexo # 3, Tabla - 1

#### Productividad de explotación horaria

$$Q_{horaria} = \frac{60 * K_u * q_{rc} * K_d}{T_c}$$
$$Q_{horaria} = \frac{60 * 0.87 * 19 * 0.9}{48.09} =$$
$$Q_{horaria} = 18.56t / h$$

#### Productividad por turno

$$Q_{turno} = Q_{horaria} * H_{efec}$$
$$Q_{turno} = 18.56 * 12 = 222.72t / Turno$$

### Productividad por mes

$$Q_{\text{mensual}} = 2Q_{\text{turno}} * D_{L.M}$$

$$Q_{\text{mensual}} = 2 * 222.72 * 30 = 13363.2t / \text{mes}$$

### Productividad anual

$$Q_{\text{anual}} = 12 * Q_{\text{mensual}}$$

$$Q_{\text{anual}} = 12 * 13363.2 = 160358.4t / \text{año}$$

Calculo de la productividad de Área # 11 - Planta de Pulpa, ver datos en el Anexo # 3, Tabla -2

### Productividad de explotación horaria

$$Q_{\text{horaria}} = \frac{60 * K_u * q_{rc} * K_d}{T_c}$$

$$Q_{\text{horaria}} = \frac{60 * 0.87 * 19 * 0.9}{37.98} =$$

$$Q_{\text{horaria}} = 23.5t / h$$

### Productividad por turno

$$Q_{\text{turno}} = Q_{\text{horaria}} * H_{\text{efec}}$$

$$Q_{\text{turno}} = 23.5 * 12 = 282t / \text{turno}$$

### Productividad por mes

$$Q_{\text{mensual}} = 2Q_{\text{turno}} * D_{L.M}$$

$$Q_{\text{mensual}} = 2 * 282 * 30 = 16920t / \text{mes}$$

### Productividad anual

$$Q_{\text{anual}} = 12 * Q_{\text{mensual}}$$

$$Q_{\text{anual}} = 12 * 16920 = 203040t / \text{año}$$

Calculo de la productividad de Área #27 - Planta de Pulpa, ver datos en el Anexo # 3, Tabla -3

### Productividad de explotación horaria

$$Q_{\text{horaria}} = \frac{60 * K_u * q_{rc} * K_d}{T_c}$$

$$Q_{\text{horaria}} = \frac{60 * 0.87 * 19 * 0.9}{48.17} =$$

$$Q_{\text{horaria}} = 18.53t / h$$

### Productividad por turno

$$Q_{\text{turno}} = Q_{\text{horaria}} * H_{\text{efec}}$$

$$Q_{\text{turno}} = 18.53 * 12 = 222.36t / \text{turno}$$

### Productividad por mes

$$Q_{\text{mensual}} = 2Q_{\text{turno}} * D_{L.M}$$

$$Q_{\text{mensual}} = 2 * 222.36 * 30 = 13341.6t / \text{mes}$$

### Productividad anual

$$Q_{anual} = 12 * Q_{mensual}$$

$$Q_{anual} = 12 * 13341.6 = 160099.2t / \text{año}$$

### Moa Occidental

Calculo de la productividad de Área #14 - Planta de Pulpa, ver datos en el Anexo # 4, Tabla -4

### Productividad de explotación horaria

$$Q_{horaria} = \frac{60 * K_u * q_{rc} * K_d}{T_c}$$

$$Q_{horaria} = \frac{60 * 0.87 * 19 * 0.9}{20.64} =$$

$$Q_{horaria} = 43.25t / h$$

### Productividad por turno

$$Q_{turno} = Q_{horaria} * H_{efec}$$

$$Q_{turno} = 43.25 * 12 = 519t / \text{turno}$$

### Productividad por mes

$$Q_{mensual} = 2Q_{turno} * D_{L.M}$$

$$Q_{mensual} = 2 * 519 * 30 = 31140t / \text{mes}$$

### Productividad anual

$$Q_{anual} = 12 * Q_{mensual}$$

$$Q_{anual} = 12 * 31140 = 373680t / \text{año}$$

Calculo de la productividad en la actividad de traspaso del Depósito "D"- Planta de Pulpa, ver datos en el Anexo # 5, Tabla -5

### Productividad de explotación horaria

$$Q_{horaria} = \frac{60 * K_u * q_{rc} * K_d}{T_c}$$

$$Q_{horaria} = \frac{60 * 0.87 * 19 * 0.9}{19.57} =$$

$$Q_{horaria} = 45.6t / h$$

### Productividad por turno

$$Q_{turno} = Q_{horaria} * H_{efec}$$

$$Q_{turno} = 45.6 * 12 = 547.2t / \text{turno}$$

### Productividad por mes

$$Q_{\text{mensual}} = 2Q_{\text{turno}} * D_{L.M}$$

$$Q_{\text{mensual}} = 2 * 547.2 * 30 = 32832t / \text{mes}$$

### Productividad anual

$$Q_{\text{anual}} = 12 * Q_{\text{mensual}}$$

$$Q_{\text{anual}} = 12 * 32832 = 393984t / \text{año}$$

Tabla 2.32 Productividad e índice de consumo del equipamiento de acarreo

<b>Actividad:</b>	<b>Escombreo</b>		<b>Minería</b>				<b>Traspaso</b>
Áreas:	Zona A	Moa Oriental	Área 14 – Planta de pulpa	Área 27 – Planta de pulpa	Área23 – Planta de pulpa	Área11 – Planta de pulpa	Depósito “D”- Plata de pulpa
Distancia:	1.5 Km.	1.5 Km.	3.6 Km.	8 Km.	7 Km.	5.8 Km.	2.5 Km.
Productividad horaria:	105.75 t/h	105.75 t/h	43.25 t/h	18.53 t/h	18.56 t/h	23.5 t/h	45.6 t/h
Índice de consumo:	0.21 l/t	0.24 l/t	0.68 l/t	1.53 l/t	1.42 l/t	1.23 l/t	0.53 l/t

Con los resultados obtenidos anteriormente determinaremos la productividad total y el índice de consumo del régimen de explotación actual.

Esta va a estar dada por la sumatoria de todas las productividades obtenidas en cada actividad en específico y por el índice de consumo de cada uno de los equipos a utilizar.

Nota: Las productividades y el consumo serán dadas por el número de equipos asignados a cada actividad.

## **2.4 Productividad e Índice de consumo del régimen de explotación actual (ver Tabla 2.41).**

### **Actividad de escombreo.**

Escombreo en Moa Oriental (Frente #1).

Productividad por turno de un camión =  $Q_{\text{turno camión}} = 1269 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de un camión =  $I_{\text{camión}} = 0.24 \text{ l/t}$

Numero de camiones =  $N_c = 3 \text{ camiones}$

Productividad de la retroexcavadora =  $Q_{\text{turno}_{\text{retro}}} = 3807 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de la retro =  $I_{C_{\text{retro}}} = 0.18 \text{ l/t}$

Productividad diaria del buldózer =  $Q_{\text{bul}} = 3807 \text{ t/turno}$

Índice de consumo del buldózer =  $I_{C_{\text{bul}}} = 0.12 \text{ l/t}$

Por tanto

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{turno}} * N_c$$

$$Q_{\text{total}} = 1269 * 3$$

$$Q_{\text{total}} = 3807 \text{ t / turno}$$

$$I_{C_{\text{Total}}} = 0.54 \text{ l / t}$$

Escombreción en Moa Oriental (Frente #2).

Productividad por turno de un camión =  $Q_{\text{turno}} = 1269 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de un camión =  $I_{C_{\text{camión}}} = 0.24 \text{ l/t}$

Numero de camiones =  $N_c = 3 \text{ camiones}$

Productividad de la retroexcavadora =  $Q_{\text{turno}_{\text{retro}}} = 3807 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de la retro =  $I_{C_{\text{retro}}} = 0.18 \text{ l/t}$

Productividad diaria del buldózer =  $Q_{\text{bul}} = 3807 \text{ t/turno}$

Índice de consumo del buldózer =  $I_{C_{\text{bul}}} = 0.12 \text{ l/t}$

Por tanto

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{turno}} * N_c$$

$$Q_{\text{total}} = 1269 * 3$$

$$Q_{\text{total}} = 3807 \text{ t / turno}$$

$$I_{C_{\text{Total}}} = 0.54 \text{ l / t}$$

Escombreción en Zona A (Frente # 1).

Productividad por turno de un camión =  $Q_{\text{turno}} = 1269 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de un camión =  $I_{C_{\text{camión}}} = 0.21 \text{ l/t}$

Numero de camiones =  $N_c = 2 \text{ camiones}$

Productividad de la retroexcavadora =  $Q_{\text{retro}} = 2538 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de la retro =  $I_{C_{\text{retro}}} = 0.18 \text{ l/t}$

Productividad diaria del buldózer =  $Q_{\text{bul}} = 2538 \text{ t/turno}$

Índice de consumo del buldózer =  $I_{C_{\text{bul}}} = 0.12 \text{ l/t}$

Por tanto

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{turno}} * N_c$$

$$Q_{\text{total}} = 1269 * 2$$

$$Q_{\text{total}} = 2538 \text{ t / turno}$$

$$I_{C_{\text{Total}}} = 0.51 \text{ l / t}$$

### Escombreo en Zona A (Frente # 2).

Productividad por turno de un camión =  $Q_{\text{turno}} = 1269 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de un camión =  $I_{C_{\text{camión}}} = 0.21 \text{ l/t}$

Numero de camiones =  $N_c = 1 \text{ camiones}$

Productividad de la retroexcavadora =  $Q_{\text{retro}} = 1269 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de la retro =  $I_{C_{\text{retro}}} = 0.18 \text{ l/t}$

Productividad diaria del buldózer =  $Q_{\text{bul}} = 1269 \text{ t/turno}$

Índice de consumo del buldózer =  $I_{C_{\text{bul}}} = 0.12 \text{ l/t}$

### Por tanto

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{turno}} * N_c$$

$$Q_{\text{total}} = 1269 * 1$$

$$Q_{\text{total}} = 1269 \text{ t / turno}$$

$$I_{C_{\text{Total}}} = 0.51 \text{ l / t}$$

### Actividad de extracción.

#### Para Zona A (Frente # 1)

Productividad turno de un camión rígido =  $Q_{\text{turno}} = 597.6 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de un camión =  $I_c = 1.04 \text{ l/t}$

Numero de camiones =  $N_c = 2 \text{ camión rígidos}$

Productividad de la retroexcavadora =  $Q_{\text{retro}} = 1195,2 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de la retro =  $I_{C_{\text{retro}}} = 0.16 \text{ l/t}$

Productividad diaria del buldózer =  $Q_{\text{bul}} = 1195.2 \text{ t/turno}$

Índice de consumo del buldózer =  $I_{C_{\text{bul}}} = 0.06 \text{ l/t}$

### Por tanto

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{turno}} * N_c$$

$$Q_{\text{total}} = 597.6 * 2$$

$$Q_{\text{total}} = 1195.2 \text{ t / turno}$$

$$I_{C_{\text{Total}}} = 1.26 \text{ l / t}$$

#### Para Zona A (Frente # 2)

Productividad por turno de un camión articulado =  $Q_{\text{turno}} = 519 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de un camión =  $I_c = 0.68 \text{ l/t}$

Numero de camiones =  $N_c = 2 \text{ camiones articulados}$

Productividad de la retroexcavadora =  $Q_{\text{retro}} = 1038 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de la retro =  $I_{C_{\text{retro}}} = 0.16 \text{ l/t}$

Productividad diaria del buldózer =  $Q_{\text{bul}} = 1038 \text{ t/turno}$

Índice de consumo del buldózer =  $I_{c_{bul}} = 0.06 \text{ l/t}$

Por tanto

$$Q_{total} = Q_{turno} * N_c$$

$$Q_{total} = 519 * 2$$

$$Q_{total} = 1038 \text{ t / turno}$$

$$I_{c_{Total}} = 0.90 \text{ l / t}$$

Para Moa Oriental (Frente # 1)

Productividad por turno de un camión =  $Q_{turno} = 222.36 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de un camión =  $I_c = 1.53 \text{ l/t}$

Numero de camiones =  $N_c = 14 \text{ camiones}$

Productividad de la retroexcavadora =  $Q_{retro} = 3113,04 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de la retro =  $I_{c_{retro}} = 0.16 \text{ l/t}$

Productividad diaria del buldózer =  $Q_{bul} = 3113,04 \text{ t/turno}$

Índice de consumo del buldózer =  $I_{c_{bul}} = 0.06 \text{ l/t}$

Por tanto

$$Q_{total} = Q_{diaria} * N_c$$

$$Q_{total} = 222.36 * 14$$

$$Q_{total} = 3113,04 \text{ t / turno}$$

$$I_{c_{Total}} = 1.75 \text{ l / t}$$

Para Moa Oriental (Frente # 2)

Productividad por turno de un camión =  $Q_{turno} = 222.72 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de un camión =  $I_c = 1.42 \text{ l/t}$

Numero de camiones =  $N_c = 6 \text{ camiones}$

Productividad de la retroexcavadora =  $Q_{retro} = 1336,32 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de la retro =  $I_{c_{retro}} = 0.16 \text{ l/t}$

Productividad diaria del buldózer =  $Q_{bul} = 1336,32 \text{ t/turno}$

Índice de consumo del buldózer =  $I_{c_{bul}} = 0.06 \text{ l/t}$

Por tanto

$$Q_{total} = Q_{diaria} * N_c$$

$$Q_{total} = 222.72 * 6$$

$$Q_{total} = 1336,32 \text{ t / turno}$$

$$I_{c_{Total}} = 1.64 \text{ l / t}$$

**Actividad de traspaso**

Productividad por turno de un camión rígido =  $Q_{turno} = 799.2 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de un camión =  $I_c = 0.68 \text{ l/t}$

Numero de camiones =  $N_c = 2 \text{ camiones rígidos}$

Productividad del cargador W700 =  $Q_{\text{cargador}} = 1598.4 \text{ t/turno}$

Índice de consumo del cargador =  $Ic_{\text{cargador}} = 0.35 \text{ l/t}$

Por tanto

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{turno}} * N_c$$

$$Q_{\text{total}} = 799.2 * 2$$

$$Q_{\text{total}} = 1598.4 \text{ t / turno}$$

$$Ic_{\text{Total}} = 1.03 \text{ l / t}$$

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos la productividad del régimen de explotación actual se determinara por la sumatoria de todas las productividades obtenidas en cada una de las actividades.

Entonces:

$$Q_{\text{Régimen actual}} = Q_{\text{Moa Oriental}} + Q_{\text{Zona A}} + Q_{\text{traspaso}}$$

$$Ic_{\text{Régimen actual}} = Ic_{\text{Moa Oriental}} + Ic_{\text{Zona A}} + Ic_{\text{traspaso}}$$

Para Moa Oriental

$$Q_{\text{Moa Oriental}} = Q_{\text{escombros}} + Q_{\text{Minería}}$$

$$Q_{\text{Moa Oriental}} = 7614 + 4449,36$$

$$Q_{\text{Moa Oriental}} = 12063,36 \text{ t / turno}$$

$$Ic_{\text{Moa Oriental}} = Ic_{\text{escombros}} + Ic_{\text{Minería}}$$

$$Ic_{\text{Moa Oriental}} = 0.54 + 1.75$$

$$Ic_{\text{Moa Oriental}} = 2.29 \text{ l / t}$$

Para Zona A

$$Q_{\text{Zona A}} = Q_{\text{escombros}} + Q_{\text{Minería}}$$

$$Q_{\text{Zona A}} = 3807 + 2233.2$$

$$Q_{\text{Zona A}} = 6040.2 \text{ t / turno}$$

$$Ic_{\text{Zona A}} = Ic_{\text{escombros}} + Ic_{\text{Minería}}$$

$$Ic_{\text{Zona A}} = 0.51 + 1.26$$

$$Ic_{\text{Zona A}} = 1.77 \text{ l / t}$$

Para calcular el índice de consumo del régimen propuesto, se utilizará el promedio de los índices de consumo calculado en cada yacimiento, sería 2.03 l/t.

Por tanto

$$Q_{\text{Régimen-actual}} = 12063.36 + 6040.2 + 1598.4$$

$$Q_{\text{Régimen-actual}} = 19701,96 \text{ t / turno}$$

$$Ic_{\text{Régimen-actual}} = 2.03 + 1.03$$

$$Ic_{\text{Régimen-actual}} = 3.06 \text{ l / t}$$

Tabla 2.41. Productividad del régimen de explotación actual.

Áreas	Productividad	Índice de consumo
Moa Oriental	12063.36 t/turno	2.29 l/t
Zona A	6040.2 t/turno	1.77 l/t
Traspaso	1598.4 t/turno	1.03 l/t
Total	19701.96 t/turno	3.06 l/t

## **2.5 Ineficiencia operacional del régimen de explotación empleado.**

Durante la ejecución de las operaciones mineras en el período Enero - Diciembre del año 2008 (12 meses), se desarrollaron operaciones ineficientes que influyeron en la productividad del equipamiento minero.

### **Actividad de escombreo minero**

Esta actividad periódicamente incumple su planificación programada por causas como son:

1. Falta de retroexcavadora.
2. Falta de camiones.
3. Lluvia.
4. Falta de escombreras.
5. Difíciles condiciones de acceso a las escombreras.

Esto es debido a que en varias ocasiones el parque de equipos de carga y transporte de mineral se ve afectado por averías y se utilizan las retroexcavadoras y los camiones destinados al escombreo para satisfacer las exigencias de calidad y la demanda de mineral que necesita la Planta de Preparación de Pulpa para suministrar la Planta Metalúrgica, en períodos de lluvias se afecta total o parcialmente la actividad por las difíciles condiciones del terreno y la insuficiente capacidad de las escombreras hacen que aumenten las distancias de transportación por lo que disminuye la productividad de la actividad.

### **Actividad de extracción minera**

El incumplimiento de esta actividad se debe a las causas siguientes:

1. Insuficientes reservas técnicamente listas.
2. Aumento de la distancia de acarreo.
3. Baja productividad del acarreo minero.
4. Aumento de la variabilidad de los componentes útiles y nocivos de los yacimientos.
5. Insuficientes equipos para el acarreo.
6. Preparación de accesos mineros.

Esta actividad es mucho más priorizada, pero depende de un defasaje respecto a la actividad de escombreo, de lo contrario nunca serán eficientes sus operaciones, ya que

limitándose por Insuficientes reservas técnicamente listas que faciliten las operaciones simultáneas en varios frentes de extracción para lograr una mezcla que cumpla con los parámetros exigidos por el proceso metalúrgico será la causa principal de la inestabilidad de la mena alimentada, las distancias de transportación de mineral han aumentado considerablemente, provocando una disminución crítica de la productividad del equipamiento automotor y el incumplimiento de las proporciones en la mena alimentada.

La variabilidad de los parámetros de calidad de los yacimientos es muy dinámica, provocando grandes desviaciones de la calidad en menores períodos de tiempo y obliga a tomar decisiones que van desde paralizaciones parciales de los frentes de extracción hasta la paralización total de estos.

La insuficiencia del equipamiento para el acarreo de la mena provoca el incumplimiento continuo de la planificación minera diaria, afectando directamente la estrategia que se lleva a cabo en la operación de mezclado de la mena, además incorporamos menas sobrecargadas de elementos nocivos (Mg y SiO<sub>2</sub>) al proceso metalúrgico aumentando el costo de producción del Sulfuro de Níquel + Cobalto por el alto consumo de ácido.

En varias ocasiones se han paralizado frentes mineros por la necesidad de preparar accesos y ramales de carga, realizando la operación con los equipos destinados a la extracción, afectando el plan de producción de la actividad.

Además de lo anterior, provoca un deterioro considerable de los cargadores frontales que operan en la plataforma, disminuyendo la disponibilidad de estos equipos por alto desgaste, ya que estos se ocupan de la alimentación de la Planta de Preparación de Pulpa en sustitución de los equipos de acarreo.

### **Operaciones auxiliares.**

Las condiciones de los caminos mineros, ya sean principales o secundarios y ramales de acceso a los diferentes frentes de extracción, en ocasiones necesitan un mantenimiento inmediato, lo cual la brigada de caminos no puede solucionar por sus propios medios, esto se debe a que la brigada de caminos no posee medios de transporte para asumir el acarreo de material rocoso, rechazo o rocas para el mejoramiento de los caminos en las diferentes áreas que operan, fundamentalmente en el horario nocturno, para ello se valen del equipamiento destinado a las diferentes operaciones mineras, provocando la paralización parcial o total de algún frente o actividad, afectando la flota de camiones que

alimenta la Planta de Preparación de Pulpa y el incumplimiento del plan de producción de algunos turnos.

**Traspaso desde depósitos intermedios de almacenamiento.**

Los depósitos intermedios no cumplen con las exigencias del proceso ya que en ellos acumulamos menas de diferentes frentes con elevada variabilidad debido a que se ha roto el equilibrio de los componentes útiles y nocivos durante el proceso de carga, almacenamiento y traslado de la mena, provocando mayores alteraciones en la mezcla alimentada.

Estos depósitos están situados a diferentes distancias, por lo que no es estable su flujo de alimentación y se hace improductiva esta operación en muchas ocasiones, estas distancias de acarreo oscilan entre: (0.900 Km – 7.25 Km).

## **CAPITULO III. Establecimiento del nuevo régimen operacional.**

### **3.1 Introducción:**

En este capítulo determinaremos las productividades de los regimenes de explotación que vamos a utilizar en la mina, daremos a conocer como va ha estar distribuido el equipamiento minero por las áreas planificadas con el objetivo de logran un eficiencia operacional adecuada. Este capítulo también tiene el objetivo de darle la utilización adecuada al equipamiento y que no se subutilice ninguno, para que la productividad de estos equipos sea considerablemente alta es decir; la que la mina necesita.

### **3.2 Operaciones mineras para el régimen de explotación propuesto.**

Para lograr un aumento considerable de la productividad de equipamiento minero, en cuanto a volumen y cumplimiento del plan de extracción diario se necesita una extraordinaria sincronización de las operaciones mineras, que exige una reorganización operativa total que resulte ver cada una de estas actividades por separado, pero que forman entre sí el núcleo fundamental o embrión del cumplimiento del plan de producción diario de la mina.

#### **Actividad de escombreo minero**

Esta actividad tiene su plan de producción bien definido y para el cumplimiento del mismo se planifica un determinado parque de equipos que operativamente se varía en dependencia de la disponibilidad del equipamiento minero existente cada día, como consecuencia se va acumulando una diferencia negativa en los planes de escombreo, ya sea diario, mensual o anual que influye directamente en el déficit de reservas técnicamente listas para llevar a cabo un proceso eficiente y una explotación racional de nuestros recursos naturales.

Para alcanzar el cumplimiento de los planes de producción se deben tener en cuenta los grandes volúmenes de material estéril a depositar en las escombreras y la disponibilidad de estas, así como las distancias de acarreo, no obstante los problemas fundamentales están dados durante la preparación de las mismas y sus accesos, que en la mayoría de los casos afecta la productividad por turno de esta operación.

Será necesario mantener por cada turno 2 escombreras en operación y 2 en preparación (dígase preparación a la operación de conformación, compactación y drenaje) en cada

yacimiento que se encuentre en explotación, para con ello alcanzar productividades acordes al equipamiento existente logrando un defasaje entre el escombreo y la minería al menos de un trimestre.

Para esta actividad se necesitan un parque de camiones, el equipamiento debe ser fijo para lograr un control estricto de averías, teniendo en cuenta que esta es la actividad que proporciona la mayor cantidad de averías, estas se resolverán por oportunidades, logrando alta disponibilidad de sus equipos.

### **Actividad de extracción minera**

Esta actividad tiene su plan de producción bien definido, sin embargo al planificar una alimentación directa desde los frentes mineros hasta la Planta de Preparación de Pulpa para lograr el cumplimiento del plan de producción dependiendo de yacimientos que están a una distancia significativa de la planta de pulpa, muchas veces crea una inestabilidad operacional que rompe el esquema minero planificado y provoca incumplimientos en los planes de extracción diaria.

La alimentación directa desde los frentes mineros incide negativamente en el comportamiento de los indicadores de eficiencia, productividad y costos del proceso metalúrgico ya que las distancias de transportación son muy grandes y la productividad de estos equipos disminuye considerablemente.

Se debe tener en cuenta para lograr un cumplimiento de los planes de producción, que el esquema operativo de esta actividad responde en cuanto a volumen, pero no satisface en cuanto a la productividad real que deberían tener estos equipos, además incumple con la explotación racional de nuestras reservas y con el plan de producción diario de la mina.

Teniendo en cuenta la baja productividad del acarreo minero desde los frentes de extracción hasta la Planta de Preparación de Pulpa debido a diferentes factores como son:

1. Aumento de la distancia de acarreo.
2. Condiciones difíciles en los caminos de acceso.
3. Condiciones difíciles en los cargaderos.

Analizando estos factores debemos disminuir la distancia de acarreo en la extracción minera, transportando el mineral desde los frentes de extracción hasta los depósitos intermedios.

El mineral minado en Área – 31 será depositado en los depósitos 3 y 4, los cuales están situados a 2.2 y 2.5 Km. respectivamente del frente, el mineral minado en Área – 11 será

depositado en el depósito 3 situado a 1.8 Km. del frente, el mineral minado en Zona – A será depositado en los depósitos 1 y 2 en dependencia de las proporciones necesarias que exija la mezcla para lograr la calidad planificada en cada uno de ellos.

### **Traspaso desde depósitos intermedios de almacenamiento hasta el depósito central "D"**

Esta actividad tiene como objetivo la disminución de las distancias de acarreo minero, el aumento de la productividad, la conformación de una mena que cumpla con las exigencias del proceso metalúrgico.

Para esto se realizarán los trasposos desde los depósitos intermedios de almacenamiento hasta el depósito central "D" con un parque de camiones articulados necesarios para aumentar considerablemente la productividad del equipamiento minero y el plan de producción diario de la mina.

### **Alimentación a la Planta de pulpa desde el depósito central "D"**

Esta operación tiene el objetivo de aumentar la productividad del equipamiento minero, de la plata metalúrgica y disminuir la distancia de transportación del mineral, logrando que la alimentación a la planta sea lo mas eficiente posible. Evitando la transportación directa de los frentes de arranque hasta la planta con el objetivo también de lograr una MENA homogenizada que cumpla con los parámetros exigidos por la planta metalúrgica y que por supuesto se cumpla el plan diario de la mina.

### **Actividad de Operaciones Auxiliares**

En esta actividad se realizaran todas las operaciones auxiliares necesarias para desarrollar el escombreo y la extracción, planificándole el equipamiento que satisfaga:

1. Acarreo de material rocoso para relleno y revestimiento de caminos.
2. Preparación de ramales y cargaderos.
3. Limpieza de rocas de los trenes de la Planta de Pulpa.
4. Limpieza de rechazo de la Planta de Pulpa.

Para esta actividad se asignarán una flota de camiones, que operaran en régimen de 12 horas, utilizándose en función de otra actividad en el horario nocturno.

### 3.3 Productividad del equipamiento de carga y acarreo para el régimen propuesto. En el régimen propuesto:

1. La productividad de los camiones no va a estar afectada por ninguna pérdida de tiempo es decir; (T perdido = 0)
2. El tiempo de limpieza del volteo se reducirá a 0.25min por viaje.
3. El tiempo de maniobra será de 0.5min.
4. El tiempo de descarga será de 0.5min.
5. La minería se realizará con retroexcavadoras Liebherr R984 con un tiempo de carga de 2.00min.

Estos tiempos se toman de la experiencia acumulada durante la práctica teniendo en cuenta que con una óptima organización del trabajo se logra la sincronización de las operaciones mineras.

#### Productividad del equipamiento de carga.

La productividad del equipo de carga dependerá del parque de camiones que se le asigne.

#### Productividad del equipamiento de acarreo (ver Tabla 3.31).

#### Productividad del equipamiento de acarreo del escombro para el régimen propuesto.

##### Para 1km de distancia de acarreo

T carga retro = 2 min.

T rec vacío = 3 min.

T rec cargado = 3 min.

T descarga = 0.5 min.

T maniobra = 0.5 min.

T limp volteo = 0.25 min.

T perdido = 0 min.

Para el escombro la qrc = 18m<sup>3</sup>

##### Productividad de explotación horaria

$$Q_{horaria} = \frac{60 * K_u * q_{rc} * K_d}{T_c}$$

$$Q_{horaria} = \frac{60 * 0.87 * 18 * 0.95}{9.25} =$$

$$Q_{horaria} = 96.5 m^3 / h$$

### Productividad por turno

$$Q_{\text{turno}} = Q_{\text{horaria}} * H_{\text{efec}} * K_{\text{up}}$$

$$Q_{\text{turno}} = 96.5 * 12 * 1 = 1158 \text{m}^3 / \text{turno}$$

### Productividad por mes

$$Q_{\text{mensual}} = 2Q_{\text{turno}} * D_{L.M}$$

$$Q_{\text{mensual}} = 2 * 1158 * 30 = 69480 \text{m}^3 / \text{mes}$$

### Productividad anual

$$Q_{\text{anual}} = 12 * Q_{\text{mensual}}$$

$$Q_{\text{anual}} = 12 * 69480 = 833760 \text{m}^3 / \text{año}$$

### Indice de consumo:

#### Moa Oriental

$$Ic = C / Qh$$

$$Ic = 25 / 144.75$$

$$Ic = 0.17 \text{l} / \text{t}$$

#### Zona A

$$Ic = C / Qh$$

$$Ic = 22 / 144.75$$

$$Ic = 0.15 \text{l} / \text{t}$$

### Cantidad de camiones para operar eficientemente el equipo de carga

$$Nc = \frac{Tc}{Tq}$$

$$Nc = \frac{9.25}{2}$$

$$Nc = 4.63$$

$$Nc = 5 \text{Camiones}$$

Nota: Esto quiere decir que la Retroexcavadora Liebherr R964 que operará en el escombreo alcanzará su máxima productividad con una flota de 5 camiones.

### **Productividad del equipamiento de acarreo del mineral para el régimen propuesto.**

#### **Moa Occidental:**

#### Datos generales:

Camión: Volvo A40D

Coeficiente de utilización:	$K_u$	0.87
Capacidad de carga (t):	$q_{rc}$	19
Coeficiente de disponibilidad:	$K_d$	0.95
Coeficiente de utilización del parque:	$K_{up}$	1
Tiempo de ciclo (min.):	$T_c$	
Horas efectivas del turno (min.)	$H_{efec}$	12

#### Zona A – Depósito intermedio PC

T carga retro = 2 min.

Trec vacío = 2.8 min.

Trec cargado = 3.3 min.

T descarga = 0.5 min.

T maniobra = 0.5 min.

T limp volteo = 0.25 min.

T perdido = 0 min.

#### Productividad de explotación horaria

$$Q_{horaria} = \frac{60 * K_u * q_{rc} * K_d}{T_c} \qquad Q_{horaria} = \frac{60 * 0.87 * 19 * 0.95}{9.35} =$$

$$Q_{horaria} = 100.8t / h$$

#### Productividad por turno

$$Q_{turno} = Q_{horaria} * H_{efec} * K_{UP} \qquad Q_{turno} = 100.8 * 12 * 1 = 1209.6t / turno$$

#### Productividad por mes

$$Q_{mensual} = 2Q_{turno} * D_{L.M} \qquad Q_{mensual} = 2 * 1209.6 * 30 = 72576t / mes$$

#### Productividad anual

$$Q_{anual} = 12 * Q_{mensual} \qquad Q_{anual} = 12 * 72576 = 870912t / año$$

#### Indice de consumo:

$$Ic = \frac{C}{Q_{horaria}} \qquad Ic = \frac{28}{100.8}$$

$$Ic = 0.27l / t$$

### Cantidad de camiones para operar eficientemente el equipo de carga

$$N_c = \frac{T_c}{T_q}$$

T<sub>c</sub> – tiempo de ciclo del camión

T<sub>q</sub> – tiempo de carga del camión

$$N_c = \frac{9.35}{2}$$

$$N_c = 4.7$$

$$N_c = 5 \text{ Camiones}$$

Nota: Esto quiere decir que la Retroexcavadora Liebherr R984 que operará en esta área alcanzará su máxima productividad con una flota de 5 camiones.

### Depósito intermedio PC – Depósito central D

T carga retro = 2 min.

Trec vacío = 2.92 min.

Trec cargado = 3.09 min.

T descarga = 0.5 min.

T maniobra = 0.5 min.

T limp volteo = 0.25 min.

T perdido = 0 min.

### Productividad de explotación horaria

$$Q_{horaria} = \frac{60 * K_u * q_{rc} * K_d}{T_c}$$

$$Q_{horaria} = \frac{60 * 0.87 * 19 * 0.95}{9.26} =$$

$$Q_{horaria} = 101.8t / h$$

### Productividad por turno

$$Q_{turno} = Q_{horaria} * H_{efec} * K_{UP}$$

$$Q_{turno} = 101.8 * 12 * 1 = 1221.6t / turno$$

### Productividad por mes

$$Q_{mensual} = 2Q_{turno} * D_{L.M}$$

$$Q_{mensual} = 2 * 1221.6 * 30 = 73296t / mes$$

### Productividad anual

$$Q_{anual} = 12 * Q_{mensual}$$

$$Q_{anual} = 12 * 73296 = 879552t / año$$

### Índice de consumo:

$$Ic = \frac{C}{Q_{rc}}$$

$$Ic = \frac{5}{19}$$

$$Ic = 0.26l / t$$

### Cantidad de camiones para operar eficientemente el equipo de carga

$$Nc = \frac{Tc}{Tq}$$

$$Nc = \frac{9.26}{2}$$

$$Nc = 4.63$$

$$Nc = 5 \text{ Camiones}$$

Nota: Esto quiere decir que la Retroexcavadora Liebherr R984 que operará en este depósito intermedio alcanzará su máxima productividad con una flota de 5 camiones.

### **Moa Oriental:**

#### Moa Oriental – Depósito intermedio H

T carga retro = 2 min.

Trec vacío = 5 min.

Trec cargado = 4.5 min.

T descarga = 0.5 min.

T maniobra = 0.5 min.

T limp volteo = 0.25 min.

T perdido = 0 min.

### Productividad de explotación horaria

$$Q_{horaria} = \frac{60 * K_u * q_{rc} * K_d}{T_c}$$

$$Q_{horaria} = \frac{60 * 0.87 * 19 * 0.95}{12.75} =$$

$$Q_{horaria} = 73.9t / h$$

### Productividad por turno

$$Q_{turno} = Q_{horaria} * H_{efec} * K_{UP}$$

$$Q_{turno} = 73.9 * 12 * 1 = 886.8t / turno$$

### Productividad por mes

$$Q_{mensual} = 2Q_{turno} * D_{L.M}$$

$$Q_{mensual} = 2 * 886.8 * 30 = 53208t / mes$$

### Productividad anual

$$Q_{anual} = 12 * Q_{mensual}$$

$$Q_{anual} = 12 * 53208 = 638496t / año$$

### Índice de consumo:

$$Ic = \frac{C}{Q_{rc}}$$

$$Ic = \frac{7}{19}$$

$$Ic = 0.37l/t$$

### Cantidad de camiones para operar eficientemente el equipo de carga

$$Nc = \frac{Tc}{Tq}$$

$$Nc = \frac{12.75}{2}$$

$$Nc = 6.4$$

$$Nc = 7 \text{ Camiones}$$

Nota: Esto quiere decir que la Retroexcavadora Liebherr R984 que operará en esta área alcanzará su máxima productividad con una flota de 7 camiones.

### Depósito intermedio H – Depósito Central D

T carga retro = 2 min.

Trec vacío = 11.31 min.

Trec cargado = 14.39 min.

T descarga = 0.5 min.

T maniobra = 0.5 min.

T limp volteo = 0.25 min.

T perdido = 0 min.

### Productividad de explotación horaria

$$Q_{horaria} = \frac{60 * K_u * q_{rc} * K_d}{T_c}$$

$$Q_{horaria} = \frac{60 * 0.87 * 19 * 0.95}{28.95} =$$

$$Q_{horaria} = 32.55t / h$$

### Productividad por turno

$$Q_{\text{turno}} = Q_{\text{horaria}} * H_{\text{efec}} * K_{UP}$$

$$Q_{\text{turno}} = 32.55 * 12 * 1 = 390.6t / \text{turno}$$

### Productividad por mes

$$Q_{\text{mensual}} = 2Q_{\text{turno}} * D_{L.M}$$

$$Q_{\text{mensual}} = 2 * 390.6 * 30 = 23436t / \text{mes}$$

### Productividad anual

$$Q_{\text{anual}} = 12 * Q_{\text{mensual}}$$

$$Q_{\text{anual}} = 12 * 23436 = 281232t / \text{año}$$

### Indice de consumo:

$$Ic = \frac{C}{Q_{rc}}$$

$$Ic = \frac{15}{19}$$

$$Ic = 0.79l/t$$

### Cantidad de camiones para operar eficientemente el equipo de carga

$$Nc = \frac{Tc}{Tq}$$

$$Nc = \frac{28.95}{2}$$

$$Nc = 14.48$$

$$Nc = 15 \text{ Camiones}$$

Nota: Esto quiere decir que la Retroexcavadora Liebherr R984 que operará en este depósito intermedio alcanzará su máxima productividad con una flota de 15 camiones.

### **Alimentación a planta de pulpa**

#### Depósito D – Planta de Pulpa

T carga retro = 2 min.

Trec vacío = 5.40 min.

Trec cargado = 8.90 min.

T descarga = 0.5 min.

T maniobra = 0.5 min.

T limp volteo = 0.25 min.

T perdido = 0 min.

Productividad de explotación horaria

$$Q_{horaria} = \frac{60 * K_u * q_{rc} * K_d}{T_c}$$

$$Q_{horaria} = \frac{60 * 0.87 * 19 * 0.95}{17.55} =$$

$$Q_{horaria} = 53.7t / h$$

Productividad por turno

$$Q_{turno} = Q_{horaria} * H_{efec} * K_{UP}$$

$$Q_{turno} = 53.7 * 12 * 1 = 644.4t / turno$$

Productividad por mes

$$Q_{mensual} = 2Q_{turno} * D_{L.M}$$

$$Q_{mensual} = 2 * 644.4 * 30 = 38664t / mes$$

Productividad anual

$$Q_{anual} = 12 * Q_{mensual}$$

$$Q_{anual} = 12 * 38664 = 463968t / año$$

Índice de consumo:

$$Ic = \frac{C}{Q_{rc}}$$

$$Ic = \frac{12}{19}$$

$$Ic = 0.63l / t$$

Cantidad de camiones para operar eficientemente el equipo de carga

$$Nc = \frac{Tc}{Tq}$$

$$Nc = \frac{17.55}{2}$$

$$Nc = 8.78$$

$$Nc = 9Camiones$$

Nota: Esto quiere decir que la Retroexcavadora Liebherr R984 que operará en este depósito central alcanzará su máxima productividad con una flota de 9 camiones.

Tabla 3.31: Productividad de equipamiento de acarreo.

Actividad :	Escombros		Minería				
			Moa Occidental		Moa Oriental		Traspaso
Áreas:	Zona A	Moa Oriental	Zona A-PC	PC -D	Moa oriental - H	H - D	D – Planta de pulpa
Distancia:	1 Km.	1 Km.	1 Km.	1.2 Km.	2 Km.	4.25 Km.	2.5 Km.
Productividad horaria:	145 t/h	145 t/h	101 t/h	102 t/h	74 t/h	33 t/h	54 t/h

Indice de consumo:	0.15 l/t	0.17 l/t	0.27 l/t	0.26 l/t	0.37 l/t	0.79 l/t	0.53 l/t
--------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

### 3.4 Organización del equipamiento minero para lograr la eficiencia operacional.

Partiendo de las productividades calculadas, se obtiene el equipamiento necesario para los esquemas propuestos (ver Tabla – 3.41) en cada una de las actividades que influyen operacionalmente en la productividad del equipamiento y en el plan de producción diario de la mina.

#### Cantidad de camiones necesarios para lograr el cumplimiento del plan de escombreo diario de la mina

Distancia de acarreo = 1Km

Plan de destape diario = 7873.05m<sup>3</sup>/día

$$Ncd = Pddiario / Qddía$$

Donde:

Pddiario de Zona A = 3794.34 m<sup>3</sup>/día;

Pddiario de Moa Oriental = 4078.71 m<sup>3</sup>/día

Qd<sub>diario</sub> = Productividad diaria del camión a 1Km de distancia; Qd<sub>día</sub> = 2316 m<sup>3</sup>/día.

#### Para Zona A

$$Ncd = 3794.34 / 2316$$

$$Ncd = 1.64 \text{ camiones}$$

$$Ncd = 2 \text{ camiones}$$

Tomaremos 2 camiones.

#### Para Moa Oriental

$$Ncd = 4078.71 / 2316$$

$$Ncd = 1.76 \text{ camiones}$$

$$Ncd = 2 \text{ camiones}$$

Tomaremos 2 camiones.

#### Cantidad de camiones necesarios para lograr el cumplimiento del plan de extracción diario de la mina

#### Yacimiento Moa Oriental

Distancia de acarreo = 2 Km.

Plan de extracción diario = 9002.9 t/día

$$Nce = Pdiario / Qedía$$

Donde:

$P_{e\text{diario}}$  = Plan de extracción diario;  $P_{e\text{diario}} = 9002.9$  t/día

$Q_{e\text{día}}$  = Productividad diaria del camión a 2 Km. de distancia;  $Q_{e\text{día}} = 1773.6$  t/día.

$$N_{ce} = 9002.9 / 1773.6$$

$$N_{ce} = 5.08 \text{ Camiones}$$

$$N_{ce} = 6 \text{ Camiones}$$

Tomaremos 6 camiones.

#### Yacimiento Zona - A

Distancia de acarreo = 1 Km.

Plan de extracción diario = 2243.6 t/día

$$N_{ce} = P_{e\text{diario}} / Q_{e\text{día}}$$

Donde:

$P_{e\text{diario}}$  = Plan de extracción diario;  $P_{e\text{diario}} = 2243.6$  t/día

$Q_{e\text{día}}$  = Productividad diaria del camión a 1 Km. de distancia;  $Q_{e\text{día}} = 2419.2$  t/día.

$$N_{ce} = 2243.6 / 2419.2$$

$$N_{ce} = 0.9 \text{ Camiones}$$

$$N_{ce} = 1 \text{ Camiones}$$

Tomaremos 1 camión

Cantidad de camiones necesarios para el traspaso del mineral desde los depósitos intermedios al depósito central.

#### Depósito H – Depósito D

Distancia de acarreo = 4.25 Km

Cantidad de mena diaria a traspasar = 9002.9 t

$$N_{ct} = P_{t\text{diario}} / Q_{t\text{día}}$$

Donde:

$P_{t\text{diario}}$  = Plan de traspaso diario;  $P_{t\text{diario}} = 9002.9$  t

$Q_{t\text{día}}$  = Productividad diaria del camión a 4.25 Km. de distancia;  $Q_{t\text{día}} = 781.2$  t/día.

$$N_{ct} = 9002.9 / 781.2$$

$$N_{ct} = 11.5 \text{ Camiones}$$

$$N_{ct} = 12 \text{ Camiones}$$

Tomaremos 12 camiones

#### Depósito PC – Depósito D

Distancia de acarreo = 1.2 Km.

Cantidad de mena diaria a traspasar =2243.6 t

$$Nct = Ptdiario / Qtdía$$

Donde:

$Pt_{diario}$  = Plan de traspaso diario;  $Pt_{diario}$  =2243.6 t

$Qtdía$  = Productividad diaria del camión a 1.2Km de distancia;  $Qtdía$  = 2443.2 t/día.

$$Nct = 2243.6 / 2443.2$$

$$Nct = 0.9 \text{ Camiones}$$

$$Nct = 1 \text{ Camiones}$$

Tomaremos 1 camión para el traspaso de los depósitos intermedios hasta el depósito de Central.

Cantidad de camiones necesarios para lograr la alimentación diaria de la Planta de Preparación de Pulpa desde el Depósito central –D.

Distancia de acarreo = 2.5 Km.

Plan diario de alimentación = 10778.8 t.

$$Nca = Padiario / Qadía$$

Donde:

$Pa_{diario}$  = Plan de alimentación diario;  $Pa_{diario}$  = 10778.8 t.

$Qadía$  = Productividad diaria del camión a 2.5 Km. de distancia;  $Qadía$  = 1288.8 t/día.

$$Nca = 10778.8 / 1288.8$$

$$Nca = 8.36 \text{ Camiones}$$

$$Nca = 9 \text{ camiones}$$

Tomaremos 9 camiones para alimentar la Planta de Preparación de Pulpa desde el depósito central “Depósito D “.

La cantidad de camiones que participa en la alimentación va a disminuir durante los mantenimientos de cada uno de los trenes de la Planta, aproximadamente de 4 horas diarias y cuando esto ocurra, se aprovechan las circunstancias y se llevarán a cabo los mantenimientos del equipamiento o su utilización para el reforzamiento de otra actividad.

Estarán operando diariamente para lograr la eficiencia operacional 39 camiones, esta cifra puede disminuir y dependerá fundamentalmente de la organización de cada una de las operaciones mineras que se realicen diariamente.

Tabla – 3.41. Equipamiento minero a utilizar.

Actividad	Equipamiento	Moa Oriental	Moa Occidental	Total Operando
Escombreo	Retroexcavadoras	1	1	2
	Bulldózer	2	2	4
	Camiones	2	2	4
Minería	Retroexcavadoras	2	2	2
	Bulldózer	1	1	2
	Camiones	6	1	7
Traspaso de depósitos intermedios al depósito central	Retroexcavadoras	1	1	2
	Cargador Frontal	1	1	2
	Bulldózer	1	1	2
	Camiones	12	1	13
Alimentación a Planta de Pulpa	Retroexcavadoras		1	1
	Camiones		9	9
	Cargador Frontal		1	
	Bulldózer		1	1
Operaciones auxiliares: Brigada de Caminos	Retroexcavadora	1		
	Cargador Frontal	1		
	Bulldózer	2		
	Camiones	4		
	Compactador	2		
Plataforma de Planta de Pupa	Retroexcavadora	1		
	Cargador Frontal	1		

### 3.5 Establecimiento de los esquemas operativos para cada actividad

Para el establecimiento de los esquemas operativos para cada actividad se analizarán las actividades por separado atribuyéndole a cada una el parque de equipos necesarios para el cumplimiento del plan de producción diario de la mina y la no subutilización de los equipos.

#### Actividad de escombreo minero

Esta actividad tiene su plan de producción bien definido y para el cumplimiento del mismo se planifica un determinado parque de equipos que operativamente se varía en dependencia de la disponibilidad del equipamiento minero existente cada día.

La actividad de escombreo se realizará a una distancia de 1 Km., con retroexcavadoras Liebherr R964 de capacidad del cubo de 5.2 m<sup>3</sup> como equipo de carga y un parque de

camiones de 4 camiones articulados Volvo A40D los cuales se dividirán en 2 para Zona A y 2 para Moa Oriental. También habrá en cada una de estas áreas un buldózer en el frente y otro en la escombrera. El buldózer que estará en el frente tiene el objetivo de darle el mantenimiento necesario al frente para que las condiciones del terreno sean las asequibles para el transporte del escombros y los buldózer que estarán en la escombrera tienen el objetivo de ir empujando el escombros depositado y darle la forma que necesita la escombrera.

Será necesario mantener por cada turno 2 escombreras en operación y 2 en preparación (dígase preparación a la operación de conformación, compactación y drenaje) en cada yacimiento que se encuentre en explotación, para con ello alcanzar productividades acordes al equipamiento existente logrando un defasaje entre el escombros y la minería al menos de un trimestre.

### **Actividad de extracción minera**

Esta actividad tiene su plan de producción bien definido y teniendo en cuenta la baja productividad del acarreo minero desde los frentes de extracción hasta la Planta de Preparación de Pulpa debido a diferentes factores como son:

1. Aumento de la distancia de acarreo.
2. Condiciones difíciles en los caminos de acceso.
3. Condiciones difíciles en los cargaderos.

Analizando estos factores debemos disminuir la distancia de acarreo en la extracción minera, transportando el mineral desde los frentes de extracción hasta los depósitos intermedios.

El mineral en Moa Oriental será minado por retroexcavadoras Liebherr R984 con capacidad del cubo de 6 m<sup>3</sup> y será depositado en el depósito intermedio "H" con una flota de 6 camiones articulados Volvo A40D. En el frente de extracción habrá un buldózer dándole mantenimiento al frente para que no ocurran imprevistos que contribuyan a la disminución de la productividad o al paro momentáneo de un frente.

El mineral en Zona A será minado por retroexcavadoras Liebherr R984 y será depositado en el depósito intermedio "PC" con una flota de 1 camión articulados Volvo A40D. En el frente también habrá un buldózer con el mismo fin que el de Moa Oriental.

### **Traspaso desde depósitos intermedios de almacenamiento hasta el depósito Central "D".**

Esta actividad tiene como objetivo la disminución de las distancias de acarreo minero, el aumento de la productividad, la conformación de una MENA que cumpla con las exigencias del proceso metalúrgico.

La carga del mineral en estos depósitos intermedios se realizará con retroexcavadoras Liebherr R984

Para esto se realizarán los trasposos desde los depósitos intermedios de almacenamiento hasta el depósito central "D" con un parque de camiones de:

12 camiones Volvo A40d desde el depósito intermedio H y 1 camiones Volvo A40D desde el depósito intermedio PC necesarios para aumentar considerablemente la productividad del equipamiento minero y el plan de producción diario de la mina. En estos depósitos intermedios habrá en cada uno un cargador frontal con el objetivo de remontar el mineral depositado en dichas áreas.

### **Alimentación a Planta de Pulpa**

Esta actividad se realizará desde el depósito central D hasta la Planta de pulpa y tiene el objetivo de mantener a la Planta de preparación de pulpa con una alimentación constante de mineral tal que satisfaga las exigencias de la planta, también de disminuir las distancias de transportación y la alimentación directa de los frentes.

En esta actividad la carga se realizará con retroexcavadoras Liebherr R984 y el acarreo del mineral se realizará con una flota de 9 camiones (5 camiones Volvo A40D y 4 camiones rígidos Komat'su) para que se cumpla al máximo el plan de producción de la mina.

### **Actividad de Operaciones Auxiliares**

En esta actividad se realizaran todas las operaciones auxiliares necesarias para desarrollar el escombreo y la extracción, planificándole el equipamiento que satisfaga:

1. Acarreo de material rocoso para relleno y revestimiento de caminos.
2. Preparación de ramales y cargaderos.
3. Limpieza de rocas de los trenes de la Planta de Pulpa.
4. Limpieza de rechazo de la Planta de Pulpa.

Para esta actividad se asignarán 2 camiones, que operaran en régimen de 12 horas, utilizándose en función de otra actividad en el horario nocturno.

### **3.6 Eficiencia operacional para cada esquema en específico.**

La eficiencia de estos esquemas esta dada por la organización por separado de cada una de estas actividades y la distribución equitativa del parque de equipos. Todo esto influye considerablemente en el aumento de la productividad del equipamiento minero de la mina en general.

#### Productividad del equipamiento automotor

##### **Actividad de escombreo minero:**

Qhoraria del camión =  $96.5 \text{ m}^3/\text{h} = 144.75 \text{ t/h}$

Índice de consumo

Zona A

$I_c = 0.15 \text{ l/t}$

Moa Oriental

$I_c = 0.17 \text{ l/t}$

##### **Actividad de extracción minera:**

###### Zona A

Qhoraria del camión = 100.8 t/h

Índice de consumo = 0.27 l/t

###### Moa Oriental

Qhoraria del camión = 73.9 t/h

Índice de consumo = 0.37 l/t

**Traspaso desde depósitos intermedios de almacenamiento hasta el depósito Central "D".**

###### Depósito intermedio "PC" al Depósito Central "D"

Qhoraria del camión = 101.8 t/h

Índice de consumo = 0.26 l/t

###### Depósito intermedio "H" al Depósito Central "D"

Qhoraria del camión = 32.55 t/h

Índice de consumo = 0.79 l/t

**Alimentación a Planta de Pulpa**  
**Depósito Central “D” a Planta de Pulpa**

Qhoraria del camión = 53.7 t/h

Índice de consumo = 0.63 l/t

**Actividad de Operaciones Auxiliares**

La eficiencia de estas actividades va a estar dada por la realización de las actividades que sean asignadas como el acarreo del material rocoso para relleno y revestimiento de caminos, limpieza de rocas de los trenes de la Planta de Pulpa, limpieza de rechazo de la Planta de Pulpa, limpieza de rechazo de coral en el puerto entre otras, garantizando que estas actividades se realicen con la calidad y la eficiencia requerida.

## **CAPITULO IV. Eficiencia operacional del régimen de explotación propuesto.**

### **4.1 Introducción.**

En este capítulo daremos a conocer los resultados de la productividad total de todas las actividades del régimen de explotación propuesto así como el impacto que causa el cambio del régimen de explotación propuesto con respecto al actual. Demostrar por un método comparativo la eficiencia de este régimen propuesto y las ventajas que trae consigo esta propuesta.

### **4.2 Productividad del régimen de explotación propuesto (ver Tabla 4.21).**

La productividad del régimen de explotación propuesto va a estar dada por la sumatoria de todas las productividades obtenidas en cada actividad en específico y por el índice de consumo de cada uno de los equipos a utilizar.

Nota: Las productividades y el consumo serán dadas por el número de equipos asignados a cada actividad.

#### **Actividad de escombreo.**

Tomando como referencia lo expuesto en el capítulo anterior a esta actividad se le asigno el siguiente parque de equipos: una retroexcavadora Liebherr R964, dos buldózer y dos camiones para cada área.

#### **Escombreo en Moa Oriental.**

Productividad por turno de un camión =  $Q_{\text{camión}} = 1737 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de un camión =  $I_{\text{camión}} = 0.17 \text{ l/t}$

Número de camiones =  $N_c = 2 \text{ camiones}$

Productividad de la retroexcavadora =  $Q_{\text{retro}} = 3474 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de la retro =  $I_{\text{retro}} = 0.14 \text{ l/t}$

Productividad diaria del buldózer =  $Q_{\text{bul}} = 3474 \text{ t/turno}$

Índice de consumo del buldózer =  $I_{\text{bul}} = 0.12 \text{ l/t}$

#### **Por tanto**

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{turno}} * N_c$$

$$Q_{\text{total}} = 1737 * 2$$

$$Q_{\text{total}} = 3474 \text{ t / turno}$$

$$I_{\text{Total}} = 0.43 \text{ l / t}$$

#### **Escombreo en Zona A.**

Productividad por turno de un camión =  $Q_{\text{camión}} = 1737$  t/turno

Índice de consumo de un camión =  $Ic_{\text{camión}} = 0.15$  l/t

Numero de camiones =  $Nc = 2$  camiones

Productividad de la retroexcavadora =  $Q_{\text{retro}} = 3474$  t/turno

Índice de consumo de la retro =  $Ic_{\text{retro}} = 0.14$  l/t

Productividad diaria del buldózer =  $Q_{\text{bula}} = 3474$  t/turno

Índice de consumo del buldózer =  $Ic_{\text{bula}} = 0.12$  l/t

Por tanto

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{turno}} * Nc$$

$$Q_{\text{total}} = 1737 * 2$$

$$Ic_{\text{Total}} = 0.41 \text{ l / t}$$

$$Q_{\text{total}} = 3474 \text{ t / turno}$$

### **Actividad de extracción.**

El parque de equipos asignado a esta actividad el siguiente: una retroexcavadora Liebherr R984, un buldózer y seis camiones articulados para Moa Oriental. Para Zona A se asignaron una retroexcavadora, un buldózer y un camión articulado.

Para Zona A

Productividad por turno de un camión =  $Q_{\text{turno}} = 1209.6$  t/turno

Índice de consumo de un camión =  $Ic = 0.27$  l/t

Numero de camiones =  $Nc = 1$  camión

Productividad de la retroexcavadora =  $Q_{\text{retro}} = 1209.6$  t/turno

Índice de consumo de la retro =  $Ic_{\text{retro}} = 0.14$  l/t

Productividad diaria del buldózer =  $Q_{\text{bul}} = 1209.6$  t/turno

Índice de consumo del buldózer =  $Ic_{\text{bul}} = 0.06$  l/t

Por tanto

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{turno}} * Nc$$

$$Q_{\text{total}} = 1209.6 * 1$$

$$Ic_{\text{Total}} = 0.47 \text{ l / t}$$

$$Q_{\text{total}} = 1209.6 \text{ t / turno}$$

Para Moa Oriental

Productividad por turno de un camión =  $Q_{\text{turno}} = 886.8$  t/turno

Índice de consumo de un camión =  $Ic = 0.37$  l/t

Numero de camiones =  $Nc = 6$  camiones

Productividad de la retroexcavadora =  $Q_{\text{retro}} = 5320.8$  t/turno

Índice de consumo de la retro =  $I_{c_{retro}} = 0.12 \text{ l/t}$

Productividad diaria del buldózer =  $Q_{bul} = 5320.8 \text{ t/turno}$

Índice de consumo del buldózer =  $I_{c_{bul}} = 0.06 \text{ l/t}$

Por tanto

$$Q_{total} = Q_{turno} * N_c$$

$$Q_{total} = 886.8 * 6$$

$$Q_{total} = 5320.8 \text{ t / turno}$$

$$I_{c_{Total}} = 0.57 \text{ l / t}$$

### **Actividad de traspaso de depósitos intermedios al depósito central**

La asignación de equipos en esta actividad se realizo de la siguiente manera: una retroexcavadora Liebherr R984, un cargador frontal y un buldózer para cada depósito intermedio. Los camiones se distribuyeron de la siguiente forma un camión articulado para el traspaso desde el deposito "PC" al deposito "D" y 12 camiones articulados para el traspaso del deposito "H" al deposito "D".

### **Del depósito "PC" al depósito central "D"**

Productividad por turno de un camión =  $Q_{turno} = 1221.6 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de un camión =  $I_c = 0.26 \text{ l/t}$

Numero de camiones =  $N_c = 1 \text{ camiones}$

Productividad de la retroexcavadora =  $Q_{retro} = 1221.6 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de la retro =  $I_{c_{retro}} = 0.14 \text{ l/t}$

Productividad diaria del buldózer =  $Q_{bul} = 1221.6 \text{ t/turno}$

Índice de consumo del buldózer =  $I_{c_{bul}} = 0.03 \text{ l/t}$

Productividad de cargador W700 en el remontado =  $Q_{carg} = 950 \text{ t/h}$

Índice de consumo del cargador =  $I_{cf} = 0.06 \text{ l/t}$

Por tanto

$$Q_{total} = Q_{turno} * N_c$$

$$Q_{total} = 1221.6 * 1$$

$$Q_{total} = 1221.6 \text{ t / turno}$$

$$I_{c_{Total}} = 0.49 \text{ l / t}$$

### **Del depósito "H" al depósito central "D"**

Productividad por turno de un camión =  $Q_{turno} = 390.6 \text{ t/turno}$

Índice de consumo de un camión =  $I_c = 0.79 \text{ l/t}$

Numero de camiones =  $N_c = 12$  camiones

Productividad de la retroexcavadora =  $Q_{\text{retro}} = 4687.2$  t/turno

Índice de consumo de la retro =  $I_{c_{\text{retro}}} = 0.14$  l/t

Productividad diaria del buldózer =  $Q_{\text{bul}} = 4687.2$  t/turno

Índice de consumo del buldózer =  $I_{c_{\text{bul}}} = 0.03$  l/t

Productividad del cargador frontal =  $Q_{\text{cf}} = 950$  t/h

Índice de consumo del cargador =  $I_{\text{cf}} = 0.06$  l/t

Por tanto

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{turno}} * N_c$$

$$Q_{\text{total}} = 390.6 * 12$$

$$I_{c_{\text{Total}}} = 1.02 \text{ l / t}$$

$$Q_{\text{total}} = 4687.2 \text{ t/turno}$$

### **Actividad de alimentación a planta de pulpa**

Para la alimentación a planta de pulpa se utilizará una retroexcavadora Liebherr R984, un cargador frontal, un buldózer y una flota de 9 camiones; 5 articulados y 4 rígidos.

Productividad por turno de un camión =  $Q_{\text{turno}} = 644.4$  t/turno

Índice de consumo de un camión =  $I_c = 0.53$  l/t

Numero de camiones =  $N_c = 9$  camiones

Productividad de la retroexcavadora =  $Q_{\text{retro}} = 5799.6$  t/turno

Índice de consumo de la retro =  $I_{c_{\text{retro}}} = 0.14$  l/t

Productividad diaria del buldózer =  $Q_{\text{bul}} = 5799.6$  t/turno

Índice de consumo del buldózer =  $I_{c_{\text{bula}}} = 0.03$  l/t

Productividad del cargador frontal =  $Q_{\text{cf}} = 950$  t/h

Índice de consumo del cargador =  $I_{\text{cf}} = 0.06$  l/t

Por tanto

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{turno}} * N_c$$

$$Q_{\text{total}} = 644.4 * 9$$

$$I_{c_{\text{Total}}} = 0.76 \text{ l / t}$$

$$Q_{\text{total}} = 5799.2 \text{ t / dia}$$

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos la productividad del régimen de explotación propuesto se determinara por la sumatoria de todas las productividades obtenidas en cada una de las actividades.

Entonces:

$$Q_{\text{Régimen propuesto}} = Q_{\text{Moa Oriental}} + Q_{\text{Zona A}} + Q_{\text{Alimentación}}$$

$$Ic_{\text{Régimen propuesto}} = Ic_{\text{Moa Oriental}} + Ic_{\text{Zona A}} + Ic_{\text{Alimentación}}$$

### Para Moa Oriental

$$Q_{\text{Moa Oriental}} = Q_{\text{escombros}} + Q_{\text{Minería}} + Q_{\text{Traspaso}}$$

$$Q_{\text{Moa Oriental}} = 3474 + 5320 + 4687$$

$$Q_{\text{Moa Oriental}} = 13481 \text{ t / turno}$$

$$Ic_{\text{Moa Oriental}} = Ic_{\text{escombros}} + Ic_{\text{Minería}} + Ic_{\text{Traspaso}}$$

$$Ic_{\text{Moa Oriental}} = 0.43 + 0.57 + 1.02$$

$$Ic_{\text{Moa Oriental}} = 2.02 \text{ l / t}$$

### Para Zona A

$$Q_{\text{Zona A}} = Q_{\text{escombros}} + Q_{\text{Minería}} + Q_{\text{Traspaso}}$$

$$Q_{\text{Zona A}} = 3474 + 1209.6 + 1221.6$$

$$Q_{\text{Zona A}} = 5905.2 \text{ t / turno}$$

$$Ic_{\text{Zona A}} = Ic_{\text{escombros}} + Ic_{\text{Minería}} + Ic_{\text{Traspaso}}$$

$$Ic_{\text{Zona A}} = 0.41 + 0.47 + 0.49$$

$$Ic_{\text{Zona A}} = 1.37 \text{ l / t}$$

Para calcular el índice de consumo del régimen propuesto, se utilizará el promedio de los índices de consumo calculado en cada yacimiento, sería 1.69 l/t.

### Por tanto

$$Q_{\text{Régimen propuesto}} = 13481 + 5905.2 + 5799.2$$

$$Q_{\text{Régimen propuesto}} = 25185.2 \text{ t / turno}$$

$$Ic_{\text{Régimen propuesto}} = 1.69 + 0.76$$

$$Ic_{\text{Régimen propuesto}} = 2.45 \text{ l / t}$$

Tabla 4.21 Productividad del régimen de explotación propuesto.

Áreas	Productividad	Índice de consumo
Moa Oriental	13481 t/turno	2.02 l/t
Zona A	5905.2 t/turno	1.37 l/t
Alimentación	5799.2 t/turno	0.76 l/t
Total	25185.2 t/turno	2.45 l/t

## 4.3 Impacto del cambio operacional propuesto en el régimen de explotación actual.

### Impacto Tecnológico

1. Cambio operacional.

## 2. Sincronización de las operaciones mineras.

### Cambio operacional.

Se produce un cambio operacional ya que se suspende la alimentación directa desde los frentes de extracción minera a la Planta de Preparación de Pulpa por la alimentación desde el depósito de homogeneización central, Depósito "D".

La mena extraída en los frentes mineros es acarreada hasta los depósitos intermedios, de estos depósitos intermedios al depósito central Depósito "D" y de este último a la planta de preparación de pulpa, disminuyendo la distancia de transportación y aumentando la productividad de cada actividad.

### Sincronización de las operaciones mineras.

La introducción de cambios en el factor técnico – organizativo produce optimización en el uso del equipamiento de la mina, considerando el mantenimiento del equipamiento minero por oportunidades, aumenta la disponibilidad de los equipos y con ello se logran los desfases necesarios entre escombreo – minería y minería – mena homogeneizada para alimentar el proceso metalúrgico.

### **Impacto Científico**

#### 1. Dirección del proceso.

Con el cambio operacional propuesto las operaciones mineras garantizan un estricto control de la calidad de la mena alimentada que permite disminuir las oscilaciones de la amplitud y la frecuencia de los componentes útiles y nocivos de la mena, estableciendo rangos de desviación estándar entre (0.01 – 0.02) que proporcionan la estabilidad de la mena que suministramos al proceso metalúrgico.

### **Impacto Económico**

#### 1. Aumento de la productividad del equipamiento de acarreo minero.

#### 2. Disminución de los costos de operación.

### Aumento de la productividad del equipamiento de acarreo minero.

Al disminuir las distancias de acarreo minero, aumentamos considerablemente la productividad en la actividad de extracción minera y aumenta considerablemente la disponibilidad de estos equipos.

### Disminución de los costos de operación.

Al aumentar considerablemente la productividad, disminuyen los índices de consumo de combustible, de lubricante y de neumáticos, minimizando los costos en la operación de acarreo minero.

Al introducir el mantenimiento por oportunidades, disminuyen las averías y se minimizan los costos de mantenimiento.

### **Impacto Social**

1. Menor presión psicológica de los técnicos durante el control de la calidad.
2. Disminución de riesgos operacionales.

#### Menor presión psicológica de los técnicos durante el control de la calidad.

La presión psicológica de los técnicos disminuye al crear el desfasaje entre la minería y el mineral que se alimenta a la Planta de Preparación de Pulpa mediante la conformación de lotes que suministren el proceso en períodos de 10 días, se adquieren tiempos suficientes que les facilita tomar decisiones.

#### Disminución de riesgos operacionales.

El régimen operacional adquirido posibilita la paralización total o parcial de la extracción minera en condiciones anormales, reduciendo los riesgos que implica operar durante los períodos de intensas lluvias o bajo las difíciles condiciones del terreno.

### **Impacto Ambiental**

1. Aprovechamiento racional de los recursos naturales.
2. Ocupación de mayores áreas para la construcción de los depósitos.

#### Aprovechamiento racional de los recursos naturales.

Incorporando al proceso los minerales de baja ley de Níquel y alto contenido de Cobalto, llamados Ni equivalente por el departamento de planificación de la Subdirección de Minas de la mina Pedro Sotto Alba Moa Nickel SA, que actualmente ocupan espacio en depósitos para ser utilizados en algún momento o son enviados a las escombreras, disminuyendo las áreas que se destinan para la actividad de escombreción. Estos minerales serán los encargados de mantener la estabilidad de la calidad al regular y equilibrar las altas concentraciones de los elementos nocivos en la mena, fundamentalmente el

magnesio y la sílice, además constituyen una fuente para el enriquecimiento del contenido de Cobalto en la mena y como resultado final alargamos la vida útil de yacimiento.

#### Ocupación de mayores áreas para la construcción de los depósitos.

Se considera un impacto negativo ya que implica destinar 28490 m<sup>2</sup> para la construcción de cada uno de los 4 depósitos intermedios, 2 en cada Unidad Minera y 85470 m<sup>2</sup> para la construcción del depósito de homogeneización central, para un total de 199430 m<sup>2</sup>, equivalentes a 19.94 ha.

Analizando las áreas que actualmente la mina Pedro Sotto Alba Moa Nickel SA destina a los depósitos intermedios, 189400 m<sup>2</sup>, equivalente a 18.94 ha, distribuidas en 9 depósitos intermedios como sigue:

1. Depósito " A " =	2.99 ha
2. Depósito " C " =	1.15 ha
3. Depósito " D " =	6.18 ha
4. Depósito " E " =	1.76 ha
5. Depósito " H " =	2.11 ha
6. Depósito " Criba " =	2.57 ha
7. Depósito " A- 36 " =	0.82 ha
8. Depósito " N° - 1 " =	0.52 ha
9. Depósito " PC " =	0.84 ha
Total = 18.94 ha	

#### **4.4 Resumen comparativo de resultados en los esquemas de explotación.**

Primeramente veremos el parque de equipos que existe actualmente en la mina y el parque de equipos que se necesita para satisfacer las necesidades de la mina y lograr la mayor eficiencia del régimen operacional propuesto.

### Equipamiento minero existente en la mina año 2009

<b>Parque de Equipos</b>	<b>En explotación</b>
Retroexcavadora	10
Camión Articulado A40D	39
Camión Rígido	4
Buldozer	15
Cargador Frontal	5

### Equipamiento minero propuesto a utilizar.

<b>Parque de Equipos</b>	<b>En explotación</b>	<b>En reserva</b>
Retroexcavadora	8	2
Camión Articulado A40D	33	6
Camión Rígido	4	-
Buldozer	11	4
Cargador Frontal	5	-

Los cuatro camiones rígidos Komat'su se utilizaran en la alimentación a planta de pulpa, los cuales equivalen a seis articulados Volvo A40D, por lo que habrán mas camiones articulados en reserva, aumentando más la disponibilidad de estos.

Tendremos que con los resultados obtenidos en estos esquemas mantendremos siempre equipamiento de reserva. Este cambio operacional bajo estos esquemas de trabajo permite el mantenimiento por oportunidades lo que trae consigo una alta disponibilidad en el equipamiento minero.

La productividad del equipamiento minero en el régimen de explotación propuesto va a ser considerablemente mayor con respecto al régimen de explotación actual, logrando que los índices de consumo sean menores en el régimen de explotación propuesto.

En las siguientes tablas veremos la diferencia que existe entre las productividades y los índices de consumo del régimen de explotación actual y el régimen de explotación propuesto.

Los resultados que encontramos en esta tabla fueron calculados por el método de fotografía laboral.

**Productividades e índice de consumo de las actividades del régimen de explotación actual**

Actividad:	Escombreo		Minería		Traspaso	Total
Áreas:	Zona A	Moa Oriental	Zona A – Planta de pulpa	Moa Oriental – Planta de pulpa	Depósito “D” a la Planta de Pulpa.	
Distancia:	1.5 Km.	1.5 Km.	3.6 km.	8 km.	2.5 km.	
Productividad horaria:	106 t/h	106 t/h	43.25 t/h	18.53 t/h	45.6 t/h	319 t/h
Índice de consumo:	0.21 l/t	0.24 l/t	0.68 l/t	1.53 l/t	0.53 l/t	3.19 l/t

**Productividades e índice de consumo de las actividades del régimen de explotación propuesto.**

Actividad:	Escombreo		Minería				Alimentación	Total
			Moa Occidental		Moa Oriental			
Áreas:	Zona A	Moa Oriental	Zona A-PC	PC -D	Moa oriental - H	H - D	D – Planta de pulpa	
Distancia:	1 Km.	1 Km.	1 Km.	1.2 Km.	2 Km.	4.25 Km.	2.5 Km.	
Productividad horaria:	145 t/h	145 t/h	100.8 t/h	101.8 t/h	73.9 t/h	32.55 t/h	53.7 t/h	653 t/h
Índice de consumo:	0.15 l/t	0.17 l/t	0.27 l/t	0.26 l/t	0.37 l/t	0.79 l/t	0.53 l/t	2.54 l/t

#### Productividad del régimen de explotación actual.

Áreas	Productividad	Índice de consumo
Moa Oriental	12063.36 t/turno	2.29 l/t
Zona A	6040.2 t/turno	1.77 l/t
Traspaso	1598.4 t/turno	1.03 l/t
Total	19701.96 t/turno	3.06 l/t

#### Productividad del régimen de explotación propuesto.

Áreas	Productividad	Índice de consumo
Moa Oriental	13481 t/turno	2.02 l/t
Zona A	5905.2 t/turno	1.37 l/t
Alimentación	5799.2 t/turno	0.76 l/t
Total	25185.2 t/turno	2.45 l/t

Con estos resultados nos damos cuenta que en el régimen de explotación propuesto hay un aumento considerable de la productividad del equipamiento de acarreo y una disminución del índice de consumo de estos equipos con respecto al régimen de explotación actual que existe en la mina de la empresa Pedro Sotto Alba Moa Níkel SA. Lo que trae consigo una disminución de los índices de consumo de combustible, lubricantes, piezas de repuesto, neumáticos y otros accesorios de estos equipos, disminuyendo considerablemente el costo de producción del mineral extraído.

#### **4.5 Viabilidad del nuevo régimen operacional.**

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el régimen operacional propuesto, donde la productividad aumenta 1.28 veces y el índice de consumo de diesel disminuye 1.25 veces demuestra que la estrategia a seguir será la organización del trabajo en función de la sincronización de las operaciones mineras para lograr la eficiencia operativa del mismo.

#### **Ventajas del régimen operacional propuesto:**

1. Disminución del parque de equipos de carga y acarreo en las condiciones actuales.
2. Posibilidad de introducir el mantenimiento por oportunidades, disminuyendo así las averías del equipamiento minero.

3. Aumento de la disponibilidad del equipamiento minero.
4. Disminución de los costos operacionales.
5. Aumento de la productividad.

El cambio operacional proporciona el desfasaje necesario entre la minería y el escombreo, permitiendo destapar reservas minerales que garanticen el cumplimiento de los planes de producción tanto en volumen como en calidad.

## **CAPITULO V. Protección e higiene del trabajo y mitigación de impactos ambientales.**

### **5.1: Protección e higiene del trabajo.**

En la mina de la Moa Nickel S.A. existen medidas de seguridad a cumplir cabalmente en cada puesto de trabajo, las cuales son de estricto cumplimiento para garantizar la máxima protección e higiene del trabajo.

Dentro de las normas de protección e higiene del trabajo (PTH) se tienen en cuenta 3 aspectos fundamentales:

#### 1. Protección del hombre:

Advertir al trabajador sobre los posibles peligros del trabajo con o cerca de las máquinas e instrumentos personales de trabajo, los riesgos ambientales a que están sometidos, los posibles accidentes relacionados con el desplazamiento personal y colectivo, las normas para resguardar la salud mental, y en general estudiar y mejorar sistemáticamente todo el sistema y condiciones de vida laboral que rodean al trabajador.

#### 2. Incremento de la productividad:

El objetivo principal es elevar la productividad del trabajo y evitar las pérdidas de tiempo por accidentes de trabajo que provocan alteraciones en el proceso productivo por el daño físico y mental a los trabajadores y el daño a las máquinas.

#### 3. Eliminar gastos:

El aspecto económico en la prevención de accidentes es de vital importancia, no solo por las afectaciones que provoca en la producción de bienes materiales sino, además, por los gastos que ocasiona la curación de los accidentados y por los gastos de seguridad social.

### **5.2: Requisitos a cumplir por cada puesto de trabajo.**

#### Operador de camión articulado Volvo BM A40D.

Antes de iniciar las operaciones.

1. Realizar una inspección visual del equipo para asegurarse de las condiciones del mismo.
2. Comprobar el estado de los sistemas de frenado, dirección, juegos de luces y relojes.
3. Limpieza del puesto de trabajo.

4. Recibir una explicación real del operador que entrega, acerca del comportamiento del equipo.

Durante las operaciones.

1. No posesionarse dentro del radio de acción de la retroexcavadora.
2. Estado del frente de trabajo y sistemas particulares.
3. Lograr la mayor horizontalidad del camión durante la carga y la descarga del mismo.
4. Circular por los caminos a la velocidad establecida.
5. No adelantar, ni transitar paralelo a otro vehículo.
6. No depositar la carga directamente contra el talud de las escombreras, ni contra el borde del nivel inferior.
7. No circular por las mismas marcas dejadas por ese u otro camión, para evitar las zanjas.
8. Dejar el equipo limpio y organizado.

#### Operador de retroexcavadoras Liebherr R 964 B y R 984 B.

Antes de iniciar las operaciones.

1. Realizar una inspección visual del equipo para asegurarse de las condiciones del mismo.
2. Comprobar el estado de los sistemas de frenado, dirección, juegos de luces, corneta y relojes.
3. Estado del frente de trabajo y sistemas particulares.
4. Limpieza del puesto de trabajo.
5. Recibir una explicación real del operador que entrega, acerca del comportamiento del equipo.

Durante las operaciones.

1. Las maniobras de retroceso se realizarán con mucho cuidado, apoyándose el operador en los espejos retrovisores.
2. Al detenerse el equipo, el cubo debe estar apoyado en el suelo.
3. No esperar por el próximo camión con el cubo en alto.
4. Asegurarse que el material se expanda por toda la caja del camión.
5. Comprobar los límites de las articulaciones del brazo.
6. Dejar el equipo limpio y organizado.

### Operador de cargador frontal WA 600 y WA 700.

Antes de iniciar las operaciones.

1. Realizar una inspección visual del equipo para asegurarse de las condiciones del mismo.
2. Comprobar el estado de los sistemas de frenado, dirección, juegos de luces, corneta y relojes.
3. Estado del frente de trabajo y sistemas particulares.
4. Limpieza del puesto de trabajo.
5. Recibir una explicación real del operador que entrega, acerca del comportamiento del equipo.

Durante las operaciones.

1. Las maniobras de retroceso se realizarán con mucho cuidado, apoyándose el operador en los espejos retrovisores.
2. Al detenerse el equipo, el cubo debe estar apoyado en el suelo.
3. No esperar por el próximo camión con el cubo en alto.
4. Asegurarse que el material se expanda por toda la caja del camión.
5. Comprobar los límites de las articulaciones del brazo.
6. Dejar el equipo limpio y organizado.

### Operador de buldózer.

Antes de iniciar las operaciones.

1. Realizar una inspección visual del equipo para asegurarse de las condiciones del mismo.
2. Comprobar el estado del sistema hidráulico, frenos y luces.
3. Estado del frente de trabajo y sistemas particulares.
4. Limpieza del puesto de trabajo.
5. Recibir una explicación real del operador que entrega, acerca del comportamiento del equipo.

Durante las operaciones.

1. Las maniobras de retroceso se realizarán con mucho cuidado, apoyándose el operador en los espejos retrovisores.
2. Dejar el equipo limpio y organizado.

### Operador de compactador.

Antes de iniciar las operaciones.

1. Realizar una inspección visual del equipo para asegurarse de las condiciones del mismo.
2. Comprobar el estado del sistema hidráulico, frenos y luces.
3. Estado del frente de trabajo y sistemas particulares.
4. Limpieza del puesto de trabajo.
5. Recibir una explicación real del operador que entrega, acerca del comportamiento del equipo.

Durante las operaciones.

1. Las maniobras de retroceso se realizarán con mucho cuidado, apoyándose el operador en los espejos retrovisores.
2. Dejar el equipo limpio y organizado.

Al finalizar las labores, todos los operadores deben cumplir cabalmente con las medidas contra catástrofes que se llevan a cabo en la mina P.S.A.

### **5.3: Medidas generales de seguridad.**

1. Se prohíbe operar equipos con defectos técnicos y con ausencia de algunas de sus partes.
2. Se prohíbe operar equipos a personas que no tengan la calificación y el permiso requerido.
3. En épocas de seca hay que regar convenientemente los caminos con agua para evitar las emanaciones de polvo.
4. Todos los equipos deben poseer sus correspondientes medios de extinción de incendio.

### **5.4: Medidas específicas de seguridad por puesto de trabajo.**

Medidas de seguridad para el trabajo con transporte automotor.

1. La planta y perfil de los caminos deben corresponderse con las reglas y normas de construcción vigentes.

2. El ancho de la parte transitable del camino se establece partiendo de las dimensiones del equipo de manera que haya una holgura no menor de 1.5 m entre los automóviles que circulen al encuentro y una distancia no menor de 0.5 m de las ruedas exteriores hasta el borde de la parte transitable del camino.
3. No se permite transportar personas fuera de la cabina.
4. No se permite adelantar a otro vehículo que circule en el mismo sentido.
5. Los cables de acero que se utilizan en el alza, arrastre y la guarnición deben corresponderse con los del pasaporte del equipo y revisarse no menos de una vez por semana, y la cantidad de hilos rotos no debe ser mayor del 15 % del total de los hilos.
6. Uso del cinturón de seguridad.

#### Medidas de seguridad para el trabajo con retroexcavadora.

1. Cuando la retroexcavadora está en operaciones, se prohíbe la presencia de personas en el radio o sector de influencia de esta.
2. La retroexcavadora debe estar provista de señalización sonora de manera que indique el inicio y fin de cada operación a realizar.
3. Durante el movimiento en pendiente deben contemplarse aquellas medidas que impidan su corrimiento.
4. El movimiento de la retroexcavadora debe hacerse a la señal del jefe de turno o brigada.
5. Durante el movimiento debe garantizarse el contacto visual o por radio-comunicación entre el operador y el que dirige la operación.
6. Las retroexcavadoras deben trabajar sobre plataformas horizontales aplanadas y compactas.
7. Los cables de acero que se utilizan en el alza, arrastre y la guarnición deben corresponderse con los del pasaporte del equipo y revisarse no menos de una vez por semana, y la cantidad de hilos rotos no debe ser mayor del 15 % del total de los hilos.

#### Medidas de seguridad para el trabajo con cargador frontal.

1. Durante la operación de traspaso debe estar provisto de señalización sonora de manera que indique el inicio y fin de cada operación a realizar.
2. No se permite transportar personas fuera de la cabina.

3. Los cables de acero que se utilizan en el alza, arrastre y la guarnición deben corresponderse con los del pasaporte del equipo y revisarse no menos de una vez por semana, y la cantidad de hilos rotos no debe ser mayor del 15 % del total de los hilos.
4. Uso del cinturón de seguridad

#### Medidas de seguridad para el trabajo con buldózer.

1. Se permite el trabajo en el radio de acción de la retroexcavadora solo cuando la misma haya sido convenientemente posicionada y el cubo esté apoyado en el suelo.
2. Cuando se realice la reparación debajo de la cuchilla, esta debe estar correctamente calzada.
3. Al ejecutarse cualquier tipo de trabajo, las pendientes de los accesos e inclinación transversal no debe sobrepasar los valores máximos señalados por el fabricante.
4. Al empujar el material en las escombreras o depósitos de mineral, el equipo no debe sacar la cuchilla fuera del borde del terraplén.
5. Al moverse en dirección paralela al borde de la escombrera o depósitos de mineral la distancia entre la estera y el borde del terraplén no debe ser menor de 2 m.
6. Los bancos y terrazas creadas en las laderas, deben tener una pendiente transversal de 1° a 3° hacia el lado opuesto del borde superior del talud.
7. Los cables de acero que se utilizan en el alza, arrastre y la guarnición deben corresponderse con los del pasaporte del equipo y revisarse no menos de una vez por semana, y la cantidad de hilos rotos no debe ser mayor del 15 % del total de los hilos.
8. Uso del cinturón de seguridad.

#### Medidas de seguridad para el trabajo con compactador.

1. No desplazarse en los terrenos irregulares.
2. La compactación de los caminos se llevara a cabo después de haber construido la berma de seguridad.
3. Uso del cinturón de seguridad.

### 5.5: Protección del personal.

Es necesario acondicionar al obrero con medios individuales que los protejan de accidentes relacionados con su desplazamiento, equipos y sustancias dañinas.

En la tabla N° - ( ) se relacionan las partes del obrero que se deben proteger, así como los medios de protección y los requisitos básicos de estos medios.

Tabla 16. Relación entre el trabajador y los medios que deben usar para su protección.

Partes del cuerpo	Medio protector	Requisito que debe cumplir el medio protector.
Cabeza	Se usan cascos protectores que tienen como objetivo reducir el impacto de objetos que caigan de alturas más o menos elevadas.	Resistentes a impactos, al fuego, a la humedad, peso ligero, aislamiento de la electricidad.
Oídos	Tapones de oídos, orejeras o casco protector contra ruido.	Que atenúe el sonido, que tenga confort y durabilidad, que no tenga impactos nocivos sobre la piel, que conserven la palabra clara y que sea de fácil manejo.
Ojos y cara	Gafas protectoras, pantallas, viseras, caretas protectoras y espejuelos.	Protección adecuada para el riesgo específico que fue diseñado, comodidad en el uso de los mismos, ajuste perfecto y ninguna interferencia en los movimientos, durabilidad y facilidad de higienización.
Manos y brazos	Guantes, además almohadillas, protectores de brazo, mangas y protectores de dedos.	Que estén reforzados para que protejan al trabajador contra llamas, calor y cortaduras.
Tórax	Delantales de piel, de goma sintética y para ácido.	Deben proteger contra chispas, cortaduras y protección contra agua y tierra.
Pies y piernas	Botas de corte alto, tobilleras, polainas y almohadillas.	Casquillos de acero para los pies, que sean anticonductivos, antichispas y deben resistir las descargas eléctricas.

Vías respiratorias	Respiradores con filtro para polvo, mascarar con filtro para gases, respiradores con línea para aire y mascarar con puente para oxígeno.	Deben estar acorde con el elemento contaminante y el puesto de trabajo, no deben ser objetos que impidan que el trabajador realice sus actividades.
--------------------	--	---

## 5.6: Instrucciones generales

Todos los trabajadores y operadores estarán instruidos en todo lo referente a PTH y con las siguientes recomendaciones:

1. No se permitirá operar los equipos de movimiento de tierra a personas que por sus indicaciones médicas no estén aptos.
2. Se revisaran las partes móviles y resguardos, cuyos desperfectos mecánicos puedan ocasionar incidentes.
3. Es necesario el uso de los medios de protección individual como son los cascos, espejuelos, botas de seguridad y botas de goma según el caso se requiera.
4. Se observará sistemáticamente el grado de inclinación y compactación de las pendientes, así como las irregularidades del terreno que puedan ocasionar incidentes.
5. La velocidad de operación de los equipos nunca será mayor de 40 Km/h.
6. El operador o chofer tendrá especial cuidado al realizar operaciones de marcha atrás, observando que nadie permanezca ni transite por el lugar hacia donde se dirige el equipo.
7. Mantener la velocidad de los vehículos por debajo del límite permisible en el horario nocturno o si la visibilidad por la lluvia, neblina o polvo lo impiden.
8. Observar las condiciones del terreno sobre todo después de la lluvia para evitar deslizamientos laterales de los vehículos en movimiento.
9. No efectuar maniobras con la retroexcavadora cuando el camión se posiciona para cargar.
10. Observar si aparecen aquellas señales de inestabilidad del terreno, tales como grietas o afluencia de agua.
11. Se mantendrá especial atención en las áreas por donde transiten personas o vehículos.

12. Al trabajar en la zona del río se observarán las condiciones micro climáticas, evitando trabajar cuando el mismo se encuentre crecido.
13. En los trabajos que se realicen cercanos a líneas eléctricas, se mantendrán las distancias de seguridad según las normas NC19-01-17 de SNCPHT.

### **5.7: Mitigación de impactos ambientales.**

La labor preventiva considera los aspectos siguientes:

1. Relieve del terreno.
2. Red hidrográfica de la zona.
3. Condiciones climáticas.
4. Caracterización geológica de la zona.
5. Identificación de los focos contaminantes y de destrucciones actuales y futuras (frecuencia, magnitud, reversibilidad, duración y características geométricas de la fuente).
6. Características ingeniero - geológicas actuales y futuras de la región.
7. Planes detallados de la actividad minera a desarrollar y la posibilidad de que al terminar un tipo de minería se proceda a realizar otro tipo de minería.
8. Estudio de la biodiversidad de la región.
9. Contabilización de las especies vegetales y animales presentes.

#### **Medidas preventivas:**

1. Construir las trochas y caminos para trabajos topográficos y de muestreo geoquímico de manera que:
2. Tengan las dimensiones mínimas necesarias.
3. Que sigan direcciones adecuadas para minimizar la acción erosiva de las aguas y del viento.
4. Que tengan pendientes adecuadas, calculadas a partir de las funciones que tendrán.
5. Construir, en casos necesarios, cunetas con obras de ingeniería para la regulación del escurrimiento superficial.
6. Construir trampas de sedimentos en los lugares necesarios.

#### **Elaborar un plan de minería que responda a los siguientes conceptos:**

1. Menor número posible de frentes simultáneos de minería.

2. Desarrollar la minería, siempre que sea posible, en las direcciones que menos favorezcan la erosión por el viento y por las aguas.
3. Planificar zonas de depósito del suelo que se extrae en el desbroce de manera que se propicie su conservación y su posterior reubicación.
4. Diseñar escombreras con dimensiones adecuadas y en sitios adecuados que minimicen las acciones erosivas eólicas e hídricas.
5. Evitar la apertura de frentes de extracción no planificados.
6. Evitar los movimientos de tierra que obstruyan los ríos y los arroyos.
7. Represar y canalizar las aguas que transportan detritus para que los mismos sean sedimentados y no lleguen a los ríos y arroyos.

**Desarrollar la actividad de desbroce de manera que:**

1. Se garantice la protección de la capa vegetal.
2. Se garanticen zonas donde se reproduzcan las especies que conforman la biodiversidad de la zona.

**Desarrollar la actividad de destape o escombreo de manera que:**

1. El material debe ser depositado en los sitios seleccionados.
2. Las escombreras deben tener las dimensiones adecuadas.
3. Si se considera necesario se pueden construir empalizadas de sostenimiento o retención de taludes.
4. Considerar el vertimiento de gravas y semillas sobre las superficies para disminuir el escurrimiento superficial aumentando la estética y armonía del paisaje.
5. Trazado de surcos siguiendo las curvas de nivel para evitar una larga exposición del área denudada a los agentes atmosféricos.

## CONCLUSIONES

1. El cambio operacional propuesto permitió elevar la eficiencia operativa al aumentar la productividad del equipamiento de carga-acarreo 1.28 veces y disminuyendo los gastos de diesel 1.25 veces.
2. El cambio operacional propuesto propició una disminución del índice de consumo de estos equipos con respecto al régimen de explotación actual que existe en la mina de la empresa Pedro Sotto Alba Moa Níkel SA, lo que trae consigo una disminución de los índices de consumo de combustible, lubricantes, piezas de repuesto, neumáticos y otros accesorios, disminuyendo considerablemente el costo de producción del mineral extraído.
3. El cambio operacional propuesto introduce variación en el factor técnico – organizativo que optimiza el uso del equipamiento de la mina, considerando el mantenimiento del equipamiento minero por oportunidades, aumentando la disponibilidad de los equipos.

## **RECOMENDACIONES**

1. Aplicar el cambio operacional propuesto para garantizar la organización del laboreo minero de forma más efectiva y eficaz técnica y económicamente en el segundo semestre del 2009.
2. Confeccionar los procedimientos para cada uno de los esquemas operativos de cada actividad minera.

## BIBLIOGRAFÍA

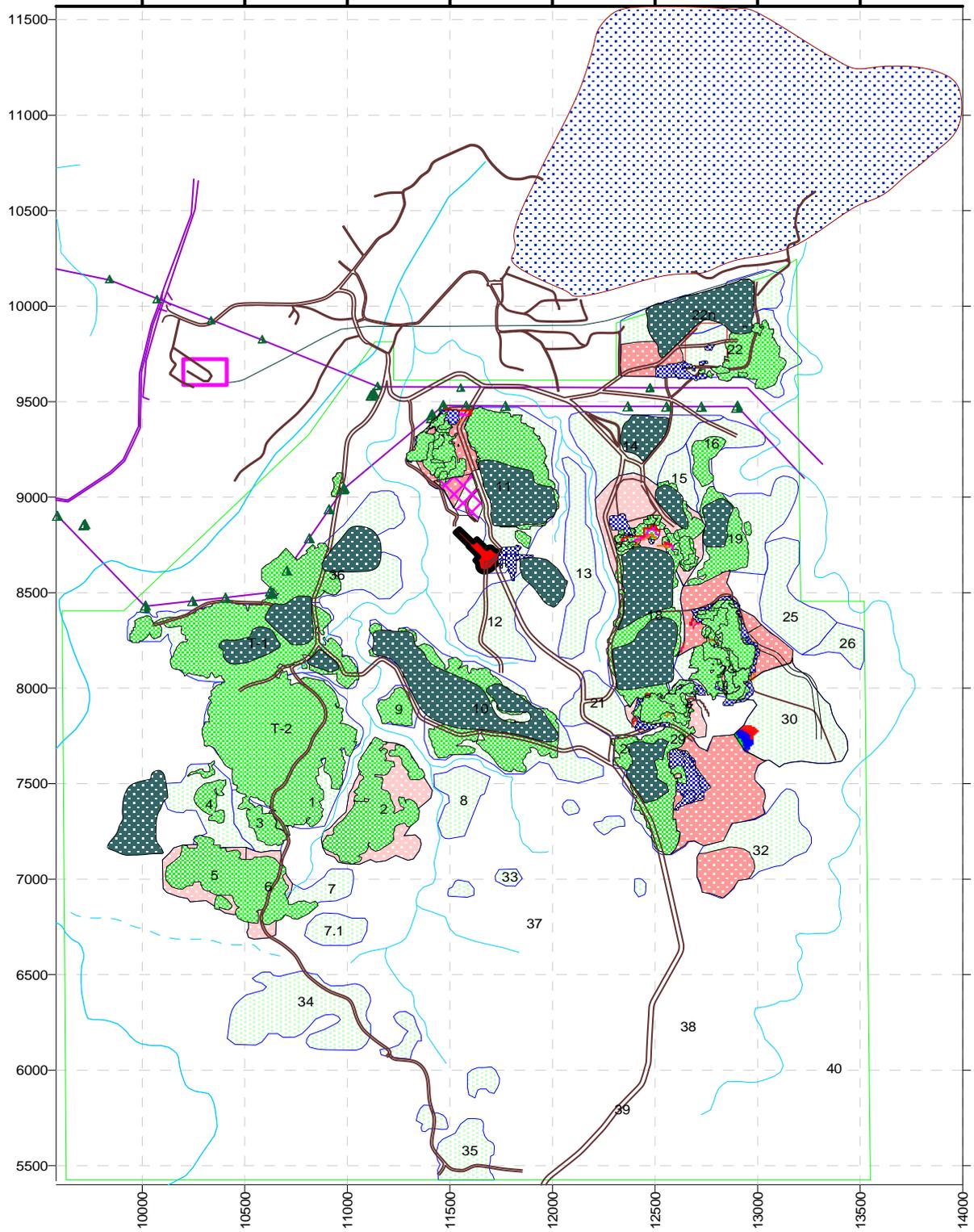
1. Belete, O. Vías para la determinación del cálculo de volumen de mineral extraído en los yacimientos lateríticos cubanos. Tesis en opción del grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. 1999.
2. Bravo, F. Investigación y fundamentación de la metodología de la geometrización de explotación de los yacimientos lateríticos cubanos (visto en el caso concreto del yacimiento Moa y Nicaro). Trabajo presentado en opción al grado científico de Dr. en ciencias técnicas. Leningrado, Facultad de topografía, 1984.
3. Bernal, S. Tecnología de Explotación a Cielo Abierto, Maestría de Minería, ISMM, Moa. 2005.
4. Certificación Mensual de Operaciones Realizadas en Servicio Científico-Tecnológico 1239: "Monitoreo Minero y Operación de los Depósitos de Estabilización". Desde Junio del 2004 hasta Diciembre del 2006, ECECG-CEINNIQ, Servicio.
5. Colectivo de autores, Plan de Minería 2007, Departamento de Planificación, Moa Nickel SA, 2006.
6. Colectivo de autores, Plan de Minería 2008, Departamento de Planificación, Moa Nickel SA, 2007.
7. Colectivo de autores, Plan de Minería 2009, Departamento de Planificación, Moa Nickel SA, 2008.
8. Cuesta, A. Curso de Transporte Minero, Maestría de Minería, ISMM, Moa. 2005.
9. Fernández, M. Consideraciones acerca del empleo del Depósito Exterior en el proceso de estabilización de la calidad de la materia prima Mineral: Estudio SDM. ECECG. Moa, Holguín, Cuba.1989.
10. GOES-12, GOES: <http://goes.gsfc.nasa.gov/05/08/2005>
11. [http://www.areaminera.com.art/Pilas de Homogeneización. chile.28/01/02](http://www.areaminera.com.art/Pilas%20de%20Homogeneización.%20chile.28/01/02)
12. [http://www.moanickel/zDocs/BoletínNi/boletín.pdf. 21/07/06.](http://www.moanickel/zDocs/BoletínNi/boletín.pdf.21/07/06)
13. Marcos, A. Determinación de los parámetros y características fundamentales para la construcción de un depósito de minerales en la mina Punta Gorda, Trabajo de Diploma, ISMM, Moa. 2002.

14. Reporte Diario de Producción Planta de Pulpa Moa Nickel SA, Pedro Sotto Alba, 2007.
15. Reporte Diario de Producción Planta de Pulpa Moa Nickel SA, Pedro Sotto Alba, 2008.
16. Reporte Diario de Producción Planta de Pulpa Moa Nickel SA, Pedro Sotto Alba, 2009.
17. Tecnologías ecológicas <http://www.aplpotencia.com/11/04/07>.
18. Ulloa, M. Curso de Evaluación de Impactos, Maestría de Minería, ISMM, Moa. 2005.

# ANEXOS:

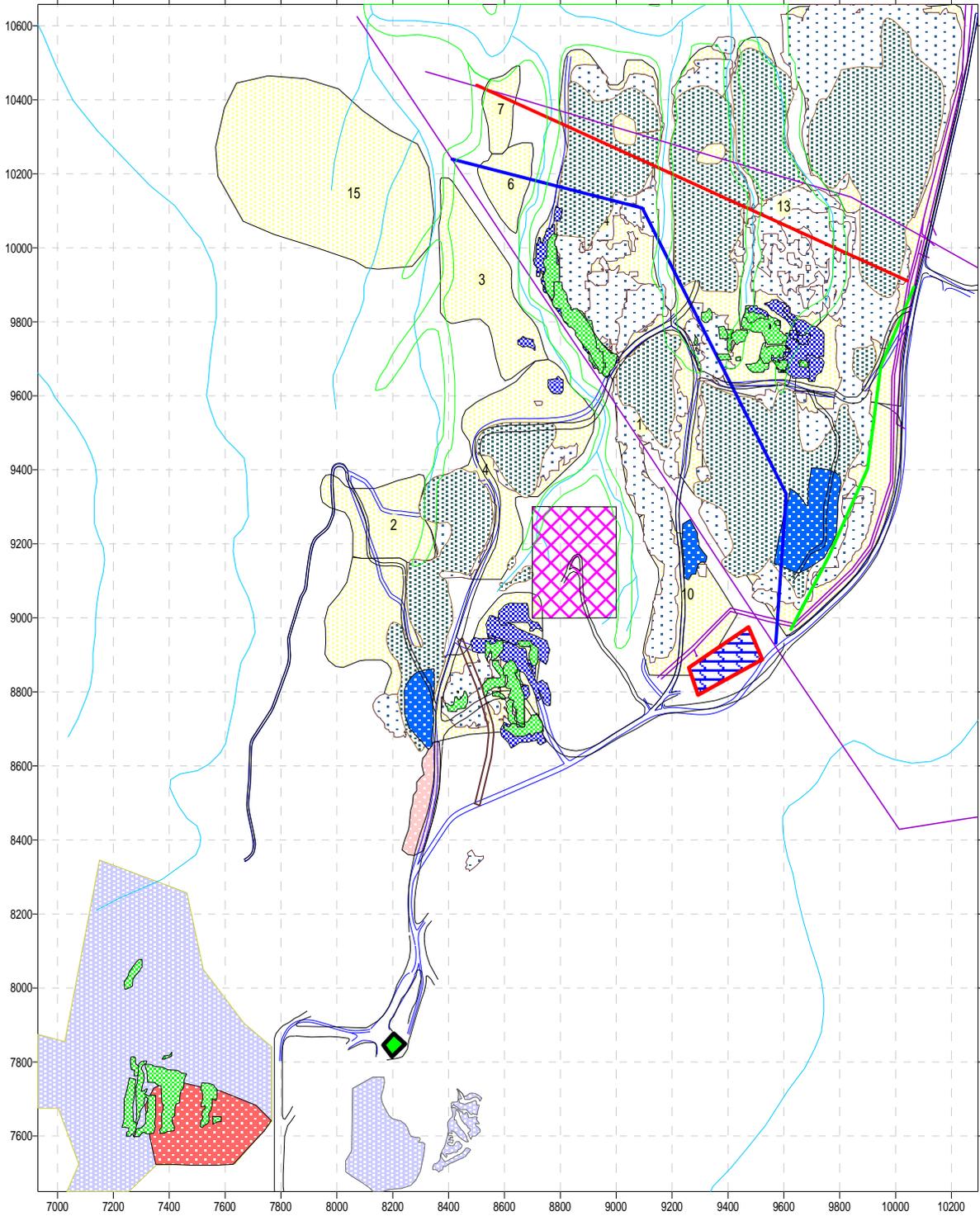
## Anexo # 1: Yacimiento Moa Oriental.

Plano General Moa Oriental  
(Moa Oriental General Map)



## Anexo # 2: Yacimiento Zona-A de Moa Occidental.

Plano Progreso Minería Zona A  
(Zona A General Map)



### Anexo # 3: Fotografía laboral del yacimiento Moa Oriental.

Tabla- 1: Fotografía laboral del Área #23 - Planta de Pulpa

FOTOGRAFIA LABORAL										
OPERACIONES MINERAS MOA ORIENTAL									Fecha:	
Actividad: Acarreo Minero										
Frente minero: Área – 23										
Destino: Planta de Pulpa										
Equipo carga: Retro 9- R964B Liebherr										
Equipo transporte: <b>Volvo A40D#36</b>										
Régimen operacional: 12 horas										
Nº Experimento	T carga retro	Trec cargado	Trec vacío	T descarga	T maniobra	T limp volteo	T perdido	Tciclo	Distancia	Consumo
1	4.42min	23min	17.42min	0.5min	0.53min	0.33 min.	2min		14Km	27 l
2	4.5min	22.67min	17.5min	0.5min	0.5min	0.33 min.	2min		14Km	27 l
3	4.33min	22.8min	17.5min	0.5min	0.52min	0.33 min.	2min		14Km	27 l
4	4.42min	23min	17.42min	0.5min	0.5min	0.33 min.	2min		14Km	27 l
5	4.5min	22.92min	17.42min	0.5min	0.52min	0.33 min.	2min		14Km	27 l
6	4.5min	22.67min	17.5min	0.5min	0.5min	0.33 min.	2min		14Km	27 l
Promedio	4.45min	22.84min	17.46min	0.5min	0.51min	0.33 min.	2min	48.09min	14Km	27 l
Productividad	18.56 t/h									
Índice de consumo	1.42 l/t									

Tabla- 2: Fotografía laboral del Área #11 - Planta de Pulpa

<b>FOTOGRAFIA LABORAL</b>										
OPERACIONES MINERAS MOA ORIENTAL									Fecha:	
Actividad: Acarreo Minero										
Frente minero: Área – 11										
Destino: Planta de Pulpa										
Equipo carga: Retro 14										
Equipo transporte: <b>Volvo A40D#36</b>										
Régimen operacional: 12 horas										
Nº Experimento	T carga retro	Trec cargado	Trec vació	T descarga	T maniobra	T limp volteo	T perdido	Tciclo	Distancia	Consumo
1	1.83min	19.45min	13.67min	0.5min	0.5min	0.33min	2min		11.6Km	23.3 l
2	1.83min	19.5min	13.17min	0.5min	0.48min	0.33min	2min		11.6Km	23.3 l
3	1.83min	19.46min	13.33min	0.5min	0.48min	0.33min	2min		11.6Km	23.3 l
4	1.83min	19.5min	13.5min	0.5min	0.5min	0.33min	2min		11.6Km	23.3 l
5	1.83min	19.48min	13.17min	0.5min	0.5min	0.33min	2min		11.6Km	23.3 l
6	1.83min	19.45min	13.33min	0.5min	0.5min	0.33min	2min		11.6Km	23.3 l
Promedio	1.83min	19.47min	13.36min	0.5min	0.49min	0.33min	2min	37.98min	11.6Km	23.3 l
Productividad	23.5 t/h									
Índice de consumo	1.23 l/t									

Tabla- 3: Fotografía laboral del Área #27 - Planta de Pulpa

<b>FOTOGRAFIA LABORAL</b>										
OPERACIONES MINERAS MOA ORIENTAL									Fecha:	
Actividad: Acarreo Minero										
Frente minero: Área – 27										
Destino: Planta de Pulpa										
Equipo carga: Retro 16 R984B Liebherr										
Equipo transporte: <b>Volvo A40D#67</b>										
Régimen operacional: 12 horas										
Nº Experimento	T carga retro	Trec cargado	Trec vacío	T descarga	T maniobra	T limp volteo	T perdido	Tciclo	Distancia	Consumo
1	1.42min	24.5min	19.33min	0.48min	0.57min	0.33min	2min		17Km	29 l
2	1.42min	23.5min	19.5min	0.47min	0.55min	0.33min	2min		17Km	29 l
3	1.42min	24.0min	19.42min	0.5min	0.55min	0.33min	2min		17Km	29 l
4	1.42min	24.17min	19.5min	0.47min	0.55min	0.33min	2min		17Km	29 l
5	1.42min	23.8min	19.37min	0.5min	0.58min	0.33min	2min		17Km	29 l
6	1.42min	23.75min	19.42min	0.5min	0.57min	0.33min	2min		17Km	29 l
Promedio	1.42min	23.95min	19.42min	0.49min	0.56min	0.33min	2min	48.17min	17Km	29 l
Productividad	18.53 t/h									
Índice de consumo	1.53 l/t									

**Anexo # 4: Fotografía laboral del yacimiento Moa Occidental.**

Tabla- 4: Fotografía laboral del Área #14 - Planta de Pulpa

<b>FOTOGRAFIA LABORAL</b>										
OPERACIONES MINERAS MOA ORIENTAL									Fecha:	
Actividad: Acarreo Minero										
Frente minero: Área #14										
Destino: Planta de Pulpa										
Equipo carga: Retro 8 R984B Liebherr										
Equipo transporte: <b>Volvo A40D#43</b>										
Régimen operacional: 12 horas										
Nº Experimento	T carga retro	Trec cargado	Trec vacío	T descarga	T maniobra	T limp volteo	T perdido	Tciclo	Distancia	Consumo
1	1.55min	10.5min	5min	0.42min	0.38min	0.33min	2min		4.8Km	13 l
2	1.65min	10.7min	5.42min	0.45min	0.4min	0.33min	2min		4.8Km	13 l
3	1.55min	10.83min	5.5min	0.43min	0.45min	0.33min	2min		4.8Km	13 l
4	1.6min	10.6min	5.35min	0.44min	0.4min	0.33min	2min		4.8Km	13 l
5	1.5min	10.55min	5min	0.45min	0.45min	0.33min	2min		4.8Km	13 l
6	1.55min	10.5min	5.4min	0.43min	0.4min	0.33min	2min		4.8Km	13 l
Promedio	1.57min	10.61min	5.28min	0.44min	0.41min	0.33min	2min	20.64min	4.8Km	13 l
Productividad	43.25 t/h									
Índice de consumo	0.68 l/t									

**Anexo # 5: Fotografía laboral de la actividad de traspaso.**

Tabla- 5: Fotografía laboral del Depósito “D” - Planta de Pulpa

<b>FOTOGRAFIA LABORAL</b>										
OPERACIONES MINERAS MOA ORIENTAL									Fecha:	
Actividad: Acarreo Minero										
Frente minero: Depósito-D										
Destino: Planta de Pulpa										
Equipo carga: Cargador W700 CF-9										
Equipo transporte: <b>Volvo A40D#36</b>										
Régimen operacional: 12 horas										
Nº Experimento	T carga cargador	Trec cargado	Trec vacio	T descarga	T maniobra	T limp volteo	T perdido	Tciclo	Distancia	Consumo
1	2.00min	8.9min	5.33min	0.5min	0.42min	0.33min	2min		2.5Km	12 l
2	2.00min	8.83min	5.42min	0.5min	0.45min	0.33min	2min		2.5Km	12 l
3	2.00min	8.92min	5.33min	0.5min	0.43min	0.33min	2min		2.5Km	12 l
4	2.00min	8.95min	5.5min	0.5min	0.43min	0.33min	2min		2.5Km	12 l
5	2.00min	8.92min	5.42min	0.5min	0.43min	0.33min	2min		2.5Km	12 l
6	2.00min	8.83min	5.33min	0.5min	0.45min	0.33min	2min		2.5Km	12 l
Promedio	2.00min	8.90min	5.4min	0.5min	0.44min	0.33min	2min	19.57min	2.5Km	12 l
Productividad	45.6 t/h									
Índice de consumo	0.63 l/t									