



REPÚBLICA DE CUBA  
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO  
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”  
FACULTAD GEOLOGÍA MINERÍA

Título: Diseño de la explotación del Sector 10 en el  
yacimiento Moa Oriental.

Autor: Diplomante: Karel Nelson Petit Quiroga.

Tutor: Dr. Ramón Polanco Almanza.

Ing. Yosvani Vega Peruyero.

**MOA 2003**

**“AÑO DE GLORIOSOS ANIVERSARIOS DE MARTI Y EL MONCADA”**

*Frase célebre.*

*Hay tres clases de ignorancias:*

*No saber lo debería saberse; saber mal lo que se sabe,  
y... saber lo que no debería saberse.*

*La Rochefoucauld.*

## *Dedicatoria.*

*A mis padres y novia.*

*A la memoria de mi difunto compañero de aula y amigo  
José Custodio Macongo.*

*A la memoria de mi difunto tutor Dr. Joel Batita Leyva.*

## **Agradecimientos.**

A mis padres, que me han ayudado en todo momento y educado de la mejor forma posible.

A mi novia y sus padres por su apoyo incondicional.

Al tutor Dr. Ramón Polanco Almanza, quien dio todo de él para culminar felizmente el Trabajo de Diploma.

A mi entrenador de voleibol Ibrahim Barrinaga Burricaudi.

A los profesores que me han soportado a lo largo de 5 años.

A todos mis compañeros de aula.



2.13	Caracterización físico-mecánica de las rocas.....
2.14	Característica de las rocas del substrato.....
2.15	Parámetros geomorfológicos.....
2.16	Propiedades de los suelos.....

### CAPÍTULO III

### SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINERÍA

3.1	Caracterización de la minería.....
3.2	Desarrollo geológico.....
3.3	Sistema de explotación por bancos (explotación con retroexcavadora).....
3.4	Parámetros fundamentales de explotación.....
3.5	Fases de minería.....
3.6	Equipamiento minero.
3.6.1	<i>Medidas de seguridad para el trabajo con retroexcavadora.....</i>
3.6.2	<i>Medidas de seguridad para el trabajo con transporte automotor.....</i>
3.6.3	<i>Medidas de seguridad para el trabajo con bulldozeres.....</i>
3.6.4	<i>Protección personal.....</i>

### CAPÍTULO IV.

### DISEÑO DEL MÉTODO DE EXPLOTACIÓN ELEGIDO

4.1	Introducción.....
4.2	Caracterización del Sector 10.....
4.3	Estimación de reservas.....
4.4	Dilución. ....
4.5	Capacidad de producción del Sector 10,.....
4.6	Control de la calidad del mineral.....
4.7	Régimen de los trabajos y plazo de explotación del Sector 10.....
4.7.1	<i>Planificación de los turnos de trabajo.....</i>
4.8	Volumen de los trabajos. ....

4.9	Fundamentos de sistema de explotación elegido.....
4.10	Apertura de Sector 10.....
4.11	Parámetros el diseño del Sector 10.....
4.12	Cálculos de las productividades de los equipos.....
4.12.1	<i>Equipamiento empleado en el desbroce. Cálculo de sus parámetros.....</i>
4.12.2	<i>Equipamiento empleado en el destape. Cálculo de sus parámetros.....</i>
4.12.3	<i>Equipamiento empleado en el arranque. Cálculo de sus parámetros.....</i>
4.13	Cálculo de la escombrera.....

## CAPÍTULO V

## PRESUPUESTO ECONÓMICO

5.1	Introducción. ....
5.2	Cálculos económicos. ....
5.2.1	<i>Gastos directos que se originan durante las labores de desbroce.....</i>
5.2.2	<i>Gastos originados por la actividad de destape.....</i>
5.2.3	<i>Gastos originados por la actividad de arranque.....</i>
5.2.4	<i>Gastos por concepto de mantenimiento.....</i>
5.2.5	<i>Gastos directos generales.....</i>
5.2.6	<i>Gastos indirectos u otros.....</i>
5.2.7	<i>Gastos totales.....</i>
5.2.8	<i>Costo de producción por tonelada de mineral extraído.....</i>

## CAPÍTULO VI.

## IMPACTO AMBIENTAL

6.1	Introducción. ....
6.2	Alteraciones ambientales producto por la explotación del Sector 10 del yacimiento Moa Oriental.....
6.3	Medidas preventivas y correctoras para minimizar el impacto ambiental surgido.....
6.4	Drenaje y Control de erosión y sedimentación.....

**6.5 Protección e higiene del trabajo.....**

***6.5.1 Requisitos en el puesto de trabajo.....***

## INTRODUCCIÓN

La minería constituye el productor de toda materia prima mineral, la base de la industria metalúrgica. Ha resultado una actividad determinante en el desarrollo de la sociedad; según cálculos entre los recursos naturales utilizados a nivel mundial para la satisfacción de las necesidades, los minerales componen el 80%.

La principal fuente de materia prima con que cuenta nuestro país, y segundo rubro económico, son los yacimientos de interperismo distribuidos ampliamente en la región nororiental cubana, encontrándose en la misma las principales reservas de hierro, cobalto, y níquel. Existen otros lugares del archipiélago que poseen reservas de diversos minerales, pero no son de relevancia económica hasta la actualidad.

En las últimas décadas después del triunfo revolucionario la industria niquelífera ha recibido un impulso acelerado a través de importantes inversiones. Esto ha hecho que se convierta esta industria en una de los principales renglones en la economía de Cuba.

La elevación de la productividad del trabajo y la efectividad en la producción depende básicamente del nivel de técnica, la tecnología y la organización de la producción empleada y cuando se extiende la producción y la esfera en la utilización de métodos conocidos no siempre se tienen claras las consecuencias de esta ampliación, surgen nuevos problemas y se requieren nuevas investigaciones. Por tal razón el presente trabajo de diploma consistirá en diseñar el método de explotación del Sector 10 en el yacimiento Moa Oriental.

### **De acuerdo a esto se define la siguiente metodología de investigación:**

Como **hipótesis** se plantea que sí se emplea el método de explotación por bancos, con la utilización de camiones articulados y retroexcavadoras será el de mejores dividendos ( más productivo y racional, y de menos impactos al medio ambiente ).

En las zonas previstas para la explotación en el año 2004, no se ha tomado la decisión final de cómo extraer, de forma racional y efectiva, la materia prima, lo cual es el **problema** a resolver. A consecuencia de ello surge la necesidad de diseñar el método de explotación más racional y productivo, para ser aplicado en dichos sectores.

Diseñar la explotación minera del **Sector 10**, previstas para el año 2004, en el yacimiento Moa Oriental, poseedora de reservas de mineral estimadas en 1485000t (ver Tabla 4.2 ) es el **objetivo del trabajo de diploma**.

Para el cumplimiento del objetivo planteado se debe resolver las exigentes **tareas técnicas**, que a continuación se enuncian:

- 1) Analizar el sistema de explotación aplicado en los otros sectores del mismo yacimiento..
- 2) Recopilar y analizar todos los datos necesarios para el diseño de la explotación
- 3) Determinar los parámetros básicos del sistema de explotación que se empleará.
- 4) Calcular de los procesos tecnológicos de la explotación:
  - a) Excavación-carga.
  - b) Transportación.
  - c) Formación de escombreras.
  - d) Diseño de la explotación de las zonas previstas.

# CAPITULO I. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA REGIÓN Y DE LOS YACIMIENTOS

## 1.1 Introducción

En el presente tópico se abordará las características geográficas donde están enclavados los principales yacimientos lateríticos de la nación cubana, así como los primeros estudios realizados en estas zonas, dirigidos a profundizar en el conocimiento de los potenciales económicos de sus reservas minerales.

## 1.2 Características geográficas de la región

Los yacimientos lateríticos, pertenecientes a Moa Nickel S.A, son los que comprende Moa Occidental (Zona A, Yamanigüey Cuerpos I y II, Atlantic, Zona Sur y Pronóstico, ubicados al oeste del río Moa, y el yacimiento Moa Oriental al este del mismo río (ver Anexo 1, Fig. 1.a). Estos yacimientos forman parte de los depósitos de óxido silicatados níquelíferos de Cuba.

Los yacimientos se encuentran localizados al noreste de la provincia de Holguín, en el municipio de Moa, los cuales se ubican dentro del macizó montañoso Moa –Baracoa en un área que esta limitada por las coordenadas de Lambert siguientes:

### **Moa Occidental.**

Norte	221080	221170	213450	213450
Este	692970	697760	689680	695750

### **Moa Oriental.**

Norte	216000	221700
Este	697180	701120

## 1.3 Constitución geológica de la región

Los yacimientos que componen la región se desarrollan a partir de las ultrabásicas serpentinizadas que integran el cinturón hiperbásico de Cuba, el cual después de varias hipótesis de acuerdo a su origen, se ha considerado sobre la base de los trabajos de Knipper, Fonseca, Telepuguin y otros, como una asociación ofiolítica, que tiene una relación puramente tectónica con las demás unidades que la secundan. Se puede dividir en cuatro complejos:

- 1º. Ultramáfico serpentizado.
- 2º. Cumulativo.
- 3º. Diques paralelos de diabasas.
- 4º. Basáltico con rocas vulcanógenas metaforizadas y sedimentos pelágicos asociados.

La complicada estructura interna y el desigual desarrollo son las características fundamentales de esos complejos, así como la gran actividad tectónica que los afecta en forma de grietas tectónicas, que forman brechas y fajas de esquistosidad paralela.

Los yacimientos estudiados se ubican en la región nororiental de Cuba donde la asociación ofiolítica se considera un manto alóctono de unos 2 500km<sup>2</sup> con potencia de 800 a 1000m, en cuya base afloran las rocas del manto alóctono representado fundamentalmente por areniscas y conglomerados del cretácico al paleoceno temprano y rocas volcánicas del cretácico, lo que hace pensar que el manto tectónico ofiolítico ocupó su actual posición en el paleoceno; esto se demuestra por la no presencia en las rocas de los contactos de deformaciones producidas por las altas temperaturas en caso de haberse formado en el lugar actual así como por el grado de deformación de las rocas, sobre todo, en la parte cercana a la base del manto. En el bloque oriental esta asociación está representada fundamentalmente sólo por tres de los complejos mencionados: el ultramáfico metamorfozido, el cumulativo y el de diques paralelos de diabasas.

El complejo ultramáfico metamorfozido abarca del 60 al 80% del volumen total de la asociación y está representado por harzburgitas, iherzolitas y en menor grado por dunitas y piroxenitas, todas intensamente serpentinizadas.

El complejo cumulativo se caracteriza por el bandeamiento de las rocas y está representado por dunitas, iherzalitas y piroxenitas, así como troctolitas y gabros.

Los dos complejos anteriores aparecen frecuentemente cortados por grietas rellenas de diabasas, las cuales forman el complejo de diques paralelos que aparecen como cuerpos tabulares con pocos metros de espesor, llegando hasta la cuarentena de metros.

#### **1.4 Infraestructura Económica.**

El municipio de Moa se comunica por carretera con todo el país, existiendo vías desde Moa hasta la ciudad de Baracoa y de igual manera se enlaza con la ciudad de Holguín y con el resto del país. Por vía aérea el territorio tiene comunicación actual con Ciudad de la Habana y Holguín mediante un aeropuerto. Existe además un puerto marítimo que permite el atraque de buques de pequeño y mediano calado, aquí llega el volumen principal de carga, y este se comunica con las fábricas mediante un trazado existente.

Económicamente la región está dentro de las más industrializadas del país, junto a sus riquezas minerales, se unen dos plantas procesadoras de menas de níquel en producción, la Cdte. Ernesto Che Guevara y la Cdte. Pedro Sotto Alba, con capacidades de diseño original de 30 000t y 24 000t de concentrados de Ni + Co al año respectivamente. Este renglón constituye el segundo rubro exportable del país. Además de estas industrias, existen otras instalaciones de apoyo a la metalurgia y minería, tales como Empresa Mecánica del Níquel, Empresa Constructora y Reparadora del Níquel, Empresa de Servicios a la Unión del Níquel, Centro de Proyectos del Níquel, entre otras.

Además en la zona existen yacimientos de cromo refractario, clasificado como el mejor de su tipo en el territorio cubano, los cuales se encuentran distribuidos en las cuencas de los ríos Cayo Guan y Yamanigüey, procesándose una parte del mineral extraído en las plantas de beneficio de Cayo Guan y Punta Gorda.

También existen otros organismos importantes de la economía como el establecimiento de la Empresa Geólogo Minera, el Combinado Lácteo y otros. La agricultura está poco desarrollada, aunque se hacen esfuerzos para seguir extendiéndola. Al sur se fomenta la ganadería y se explotan los recursos maderables.

#### **1.5 Relieve**

La región se encuentra enclavada en el grupo orográfico Sagua-Baracoa, por lo que el relieve es típicamente montañoso, caracterizado por la existencia de colinas elevadas y mesetas pequeñas y medianas, cuyas alturas oscilan entre 600 y 800m sobre el nivel del mar. Hacia el sur el relieve es más accidentado, en la Sierra de Moa, mientras que al norte se hace más suave con cotas que oscilan entre 40 y 50 m, disminuyendo gradualmente hacia la costa.

Las áreas que se destacan en la región de los mismos son las siguientes:

- *Parte meridional:* Formada por elevadas y medianas colinas con cotas absolutas de 175 a 350m. A esta parte esta asociados los yacimientos: Atlantic, Zona Sur, Yamanigüey, y Pronóstico.
- *Parte Central:* Suavemente inclinada hacia el norte que representa la parte meridional del río Cabañas, con cotas absolutas de 164 y 17m en el lecho del río. A esta parte están asociadas los yacimientos zona A y Zona Central.
- *Parte Septentrional:* Es bajas y aplanadas con cotas de 17 a 100m en la orilla izquierda del río Cabañas.
- *Moa Oriental:* Está representadas por planicies y colinas, con cotas absolutas que van desde 15 a 385m sobre el nivel del mar.

El sistema orográfico está orientado en dirección E-W a NE-SW, siguiendo líneas paralelas o subparalelas al eje longitudinal de la Isla de Cuba. Existe un marcado predominio de pendientes relativamente suaves (ángulos 15°- 20°- 30°), lo que no excluye la presencia de abruptas pendientes con ángulos próximos a 70°-80°.

Un rasgo típico de la orografía de la región es la presencia de mesetas, en las cuales se han desarrollado potentes cortezas de intemperismo lateríticas, teniendo un marcado predominio en la región. En correspondencia con todo lo anteriormente planteado, los procesos erosivos en la región son intensos y las corrientes fluviales han escindido las litologías máficas, ultramáficas y vulcanógenas originando valles profundos en forma de V, lo cual revela la juventud de dichos procesos.

## **1.6 Red fluvial.**

La red hidrográfica del área de estudio es densa, representada por numerosos ríos y arroyos, entre los que se encuentran los ríos Moa, Cabañas,

Cayo Guan, Quesigua, Yagrumaje y Punta Gorda. La mayoría de ellos, son de corriente permanente debido a la abundancia de lluvias en la región durante todo el año, las cuales sobrepasan los 1 000mm anuales.

Las principales arterias de la región desembocan en el Océano Atlántico, formando deltas cubiertos de sedimentos palustres y vegetación típica de manglar.

La mayor parte de estas reservas hídricas no se utilizan, existiendo sólo una presa de importancia a unos 10km al sur de la ciudad de Moa (presa Nuevo Mundo) cuyas aguas se utilizan para el funcionamiento de las industrias del territorio.

### **1.7 Condiciones climáticas.**

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 000mm 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 72mm 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.

### **1.8 Recursos minerales.**

La región de Moa, constituye una de las zonas más ricas del país en lo que a recursos minerales se refiere y es el centro minero de mayor importancia en la nación. Los yacimientos lateríticos de níquel y cobalto, de tipo único por sus escalas, que se encuentran en la región, representan la mayor riqueza mineral del país y una de las mayores del mundo. Asimismo, unido a la corteza de intemperismo se localiza una de las reservas más importantes de mineral de hierro a escala mundial. Además vinculado a la misma se encuentran importantes reservas de espinelas cromíferas diseminadas que según estudios realizados los volúmenes sobrepasan las 4 650 toneladas métricas por hectárea de lateritas, hasta una profundidad de 30 centímetros

En la región de Moa se localizan los principales yacimientos de espinelas cromíferas del tipo refractario del país, en la actualidad se explotan los yacimientos “Merceditas” y “Amores”. Se cuenta además con reservas de piedras ornamentales, decorativas, arcillas rojas y reservas considerables, aún no evaluadas, de caolinita en las cortezas desarrolladas sobre litologías máficas.

### **1.9 Grado de estudio de la región.**

Las cortezas de intemperismo comenzaron a considerarse como fuentes de Ni y Co al inicio de la década del 40 de este siglo, sin embargo, en la región de Moa, comenzaron a estudiarse con este objetivo a partir del año 1952. Entre 1955 y 1958 se realizó la exploración del yacimiento Moa (Zonas A, B, C, D y F) por compañías norteamericanas.

Después del triunfo de la revolución se realizó la exploración y confirmación de las reservas calculadas por los norteamericanos por el ICRM (Instituto Cubano de Recursos Minerales) con la ayuda de geólogos soviéticos (1961-1962).

Con relación al desarrollo de la región de la industria del Ni para la búsqueda y exploración de las menas níquelíferas, surgió la necesidad de tener la base geológica. Con el fin de confeccionarla, en 1962, fue realizado el levantamiento geológico a escala 1: 50 000, aunque la red de itinerarios era muy escasa y el levantamiento se realizó sin perforación y con volumen pequeño de trabajos mineros, el mapa geológico confeccionado sirve hasta ahora como la base geológica para todos los trabajos realizados en la región.

Entre 1962 y 1968 fueron explorados por personal geológico de la antigua Empresa Comandante Pedro Sotto Alba y por el ICRM, los siguientes yacimientos: Área 11, Ampliación Área 11, Realengos, Yamanigüey y Atlantic.

Desde 1972 y hasta 1976 en todo el territorio de la antigua provincia oriental se llevó a cabo el levantamiento geológico a escala 1:250 000 por las Academias de Ciencias de Cuba y Hungría. Los materiales de estos trabajos fueron presentados en forma de mapas geológicos en planchetas a escala 1:100 000, memoria aclaratoria, mapa de ubicación de los minerales útiles a escala 1:250 000 y otros gráficos.

En la década del 70 al 80 y hasta el año 1994, fueron explorados por la Empresa Pedro Sotto Alba los yacimientos: Atlantic, Zona Sur y Pronóstico.

En el año 1995 se llevó a cabo por la PSA - Moa Nickel S.A. la exploración del grupo de yacimientos La Fangosa (Cupeyal y Montecristo) y entre los años 1996 y 1997 la misma Empresa realizó la exploración del yacimiento Piloto.

#### **1.10 Recursos humanos.**

Constituyen el eje fundamental de la economía de la región. Se dispone de una fuerza altamente calificada, compuesta por técnicos de nivel superior, técnicos medios, obreros calificados, con elevada experiencia productiva en las industrias del níquel, en las construcciones, en la industria del cromo, etc. Se cuenta además, con el Centro de Investigación de la Laterita, el Centro de Información y Superación y el Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. Antonio Núñez Jiménez, donde desde 1976 se forman y recalifican los profesionales de la minería, la geología y la metalurgia del territorio y del país. Complementan los recursos humanos de la zona profesores, maestros y profesionales de la Salud, indispensables para el funcionamiento pleno de la sociedad.

# CAPITULO II. UBICACIÓN DEL YACIMIENTO MOA ORIENTAL. SU GEOLOGIA Y CARACTERIZACION DE LAS LATERITAS.

## 2.1 Introducción

En este capítulo se presenta un resumen sobre los trabajos más importantes desarrollados en la región, dirigidos tanto a profundizar en el conocimiento geológico de la misma como a evaluar los potenciales económicos de sus reservas minerales. El objeto de estudio del mismo lo constituyen los rasgos fundamentales de las características geográficas y geológicas del área de estudio, las nociones generales sobre la determinación de dominios geológicos en yacimientos residuales de níquel y además, las cualidades geológicas, dinámicas e importancia económica de dichos yacimientos. En el desarrollo de este capítulo se describen las principales características geológicas de la asociación ofiolítica, por cuanto constituyen las litologías sobre las que se desarrollan los yacimientos lateríticos.

## 2.2 Ubicación del yacimiento Moa Oriental.

El yacimiento laterítico denominado Moa Oriental ocupa un área de 16 km<sup>2</sup> y se localiza en el municipio minero metalúrgico de Moa al nordeste de la provincia Holguín; limita al oeste con el valle del río Moa, al norte con el poblado de la Veguita, al sur con el altiplano del alto de La Calinga; y por el este con el arroyo Los Lirios y el Yacimiento Punta Gorda (ver Anexo 2, Fig.2.1)

Según el sistema de coordenadas de Lambert, la región de los trabajos se encuentra limitada por las siguientes coordenadas:

Norte	216000	221700
Este	697180	701120

## 2.3 Constitución geológica

Los yacimientos que componen la región se desarrollan a partir de las ultrabásicas serpentinizadas que integran el cinturón hiperbásico de Cuba, el cual después de varias hipótesis de acuerdo a su origen, se ha considerado

sobre la base de los trabajos de Knipper, Fonseca, Telepuguin y otros, como una asociación ofiolítica, que tiene una relación puramente tectónica con las demás unidades que la secundan. Se puede dividir en cuatro complejos:

- 1º. Ultramáfico serpentizado.
- 2º. Cumulativo.
- 3º. Diques paralelos de diabasas.
- 4º. Basáltico con rocas vulcanógenas metaforizadas y sedimentos pelágicos asociados.

La complicada estructura interna y el desigual desarrollo son las características fundamentales de esos complejos, así como la gran actividad tectónica que los afecta en forma de grietas tectónicas, que forman brechas y fajas de esquistosidad paralela.

Los yacimientos estudiados se ubican en la región nororiental de Cuba donde la asociación ofiolítica se considera un manto alóctono de unos 2 500km<sup>2</sup> con potencia de 800 a 1 000m, en cuya base afloran las rocas del manto alóctono representado fundamentalmente por areniscas y conglomerados del cretácico al paleoceno temprano y rocas volcánicas del cretácico, lo que hace pensar que el manto tectónico ofiolítico ocupó su actual posición en el paleoceno; esto se demuestra por la no presencia en las rocas de los contactos de deformaciones producidas por las altas temperaturas en caso de haberse formado en el lugar actual así como por el grado de deformación de las rocas, sobre todo, en la parte cercana a la base del manto. En el bloque oriental esta asociación está representada fundamentalmente sólo por tres de los complejos mencionados: el ultramáfico metamorfizado, el cumulativo y el de diques paralelos de diabasas.

El complejo ultramáfico metamorfizado abarca del 60 al 80% del volumen total de la asociación y está representado por harzburgitas, iherzolitas y en menor grado por dunitas y piroxenitas, todas intensamente serpentizadas.

El complejo cumulativo se caracteriza por el bandeamiento de las rocas y está representado por dunitas, iherzalitas y piroxenitas, así como troctolitas y gabros.

Los dos complejos anteriores aparecen frecuentemente cortados por grietas rellenas de diabasas, las cuales forman el complejo de diques paralelos que

aparecen como cuerpos tabulares con pocos metros de espesor, llegando hasta la cuarentena de metros.

En el área que abarca el yacimiento Moa Oriental, se distinguen dos secuencias estratigráficas. Una corresponde al periodo cuaternario, a ella pertenecen las formaciones aluviales del río Moa, donde encontramos guijarros y lentes de arena de granos gruesos con una potencia muy pobre, lo cual carece de importancia.

La otra secuencia es la efusiva del cretácico inferior situada al nordeste, está representada por porfiritas, andesitas, rodeando esta formación encontramos las ultrabásicas serpentinizadas que ocupan casi toda el área, estando representada por las hazburgitas y en menor cantidad dunitas y piroxenitas.

Desde el punto de vista geomorfológico éste es un yacimiento que presenta ondulaciones suaves, coincidiendo esas características con la zona planificada para el año 2004.

Las zonas de pendientes más bruscas, de más rápido intercambio de las aguas (laderas y confluencias) se caracterizan por una reducción en el perfil litológico de intemperismo, dándose perfiles estructurales reducidos (sin serpentina) o inestructurales (ocres inestructurales con o sin perdigones).

**Rocas intrusivas ultrabásicas:** La corteza de intemperismo en el yacimiento Moa Oriental se ha desarrollado esencialmente sobre Serpentinitas - harzburgitas y harzburgitas fuertemente serpentinizadas. Estas rocas cubren prácticamente el 85% del área del yacimiento. Por sus características son generalmente estériles presentando colores verdosos con tonalidades grises, verde y negro. Localmente aparecen otras rocas pero de muy poco predominio en el basamento.

**Corteza de intemperismo.** Las cortezas de intemperismo presentan una potencia que varía desde 1 hasta 42m teniendo como promedio 8.2m, predominando las potencias entre 2 y 10m. Predomina la formación de una corteza de intemperismo ocrosa bien desarrollada con horizontes limoníticos bastante estables y con una variabilidad grande del horizonte serpentínico. La zona planificada se caracteriza por tener una amplia preponderancia del mineral limonítico sobre el serpentínico.

Del espesor total de la corteza de intemperismo las menas LB se encuentran en las litologías limoníticas (65% en los ocres estructurales y 25% en los ocres

inestructurales sin perdigones), las menas SB se concentran fundamentalmente en los ocres estructurales (83%) las menas SD en las serpentinas lixiviadas y agrietadas (correspondientemente 42 y 55%) y las menas ferrosas fundamentalmente en las zonas de ocres inestructurales con concreciones ferruginosas perdigones 82%.

#### **2.4 Consideraciones para el cálculo del níquel equivalente**

Históricamente se ha utilizado un límite de cut-off de 1.0 % Ni como base fundamental para los estimados de recursos y reservas, lo cual ignora el contenido de cobalto incluido en dichos recursos.

Con el objetivo de eliminar esta deficiencia y con la aprobación de la Oficina Nacional de Recursos Minerales se decidió realizar la estimación de recursos y reservas geológicas utilizando el concepto “**níquel equivalente**” que considera los contenidos de cobalto en los recursos y los precios del níquel y el cobalto. En la selección del cut-off de níquel equivalente también se ha tenido en cuenta que los contenidos promedios de Ni+Co no sean menores a los obtenidos para el cut-off de Ni = 1.0 %.

Los resultados de diferentes investigaciones han probado que debe ser utilizado un límite mínimo de Ni = 0.9 % para lograr que se cumpla la condición del párrafo anterior.

El níquel equivalente contenido en las reservas geológicas se ha definido por la siguiente expresión:

$$\text{Niequi} = \%Ni + \%Co * (\text{Pco} / \text{Pni})$$

Donde,

Pni - Precio del Níquel;

Pco - Precio del Cobalto.

Las magnitudes de los precios de ambos elementos que se utilizarán en los cálculos se establecen luego de un análisis de su comportamiento en una etapa determinada y de la tendencia en el futuro, lógicamente también debe ser considerada el dinamismo de este parámetro que está sometido a la influencia de factores económicos, políticos y sociales en el ámbito universal.

En el caso nuestro se asumió una relación Co/Ni igual a 2.5. Partiendo de estas premisas utilizamos diferentes cut-off o ley de corte para el níquel equivalente (Niequi), manteniendo la restricción de 0.9 % de Ni y 35 % de Fe, hasta dos metros de intercalación permisible y un metro de potencia mínima.

Se calcularon diferentes variantes desde 1.20 % Niequi hasta 1.50 % Niequi, en el yacimiento Moa Oriental. Considerando que se debía mantener la ley constante además de cumplir el valor mínimo del Ni mayor que 0.9%, se determinó asumir las variantes de 1.25 y 1.30 % de Níquel equivalente para satisfacer las exigencias planteadas.

Como resultado se obtuvo un incremento en la LB, y mejoró considerablemente el contenido de cobalto, aprovechando mejor los recursos del yacimiento, pues ocurren diferentes situaciones:

1. Pozos considerados mineral útil para el cut-off de 1% de Ni y 35% de Fe, muy pobres en sus contenidos de Ni y/o Co, se entonces convierten en escombros.
2. Pozos de bajo Ni y alto Co se convierten en “**mineral útil**” permitiendo el aprovechamiento de los contenidos de cobalto.

## **2.5 Desarrollo geológico**

El yacimiento se encuentra explorado y desarrollado en distintas redes de perforaciones, la de 33x33 m que se utilizó para calcular la potencia media de perforación así como los demás parámetros tales como: muestra a procesar, muestra para la sedimentación, para los análisis químicos y construcción de camino y plataformas, además fue necesario la aplicación de una red auxiliar de 16x16 m con el objetivo de determinar con mayor conocimiento sobre la distribución de la potencia del escombros y determinar con mayor precisión entre un pozo y otro el contacto estéril-mineral, tratando de no empobrecer el mineral por consecuencia de dejar escombros sin extraer.

Para estimar la calidad del mineral contenido en cada bloque se utilizó un modelo geológico realizado a partir de la información aportada por las redes de exploración y explotación, se considera el valor promedio de los elementos útiles (Ni, Co y Fe) y los nocivos para toda la masa del bloque, se estimó una virtual de 3x3m.

Este método conlleva a una reestimación de las reservas geológicas del yacimiento ya que pueden suceder que algunas capas de 1m de promedio de un bloque determinado se consideren mineral o estéril cuando por su contenido real pertenezca a las categorías contrarias. por ejemplo la última capa de 1m del bloque de níquel contiene más del uno por ciento y el promedio de Ni del bloque completo es menor que el uno por ciento, en este caso, el bloque completo se enviará a la escombrera),

## 2.6 Estratigrafía

Las formaciones sedimentarias y vulcanógeno-sedimentarias tienen una propagación a nivel de área muy reducida (no más del 10% del territorio), entre las cuales se localizan las siguientes formaciones:

**Cretácico inferior ( $K_1$ ):** Formación Santo Domingo, representada por relictos de diabasas, espilitas y oofirritas basálticas.

**Cretácico superior ( $K_2$ ):** Formación Picota (Maestrichtiano), formada por rocas terrígenas.

**Cretácico Superior ( $K_2$ ) - Paleoceno:** Formación Mícara de edad Maestrichtiano - paleoceno, formada por areniscas tobáceas de granos medios y finos y aleurolitas tobáceas.

**Eoceno ( $F_2$ ):** Formación San Ignacio, representada por rocas aleurolíticas arcillosas con inclusiones de calizas, areniscas carbonatadas y margas.

**Depósitos Oligocénicos Miocénicos ( $F_3-N_1$ ) no clasificados:** Representados por calizas, conglomerados y areniscas.

**Depósitos Cuaternarios:** Los más antiguos representados por calizas ( $CO_3$ ) coralinas. Al sur del territorio se han establecido pequeños arcos de rocas metamórficas, principalmente compuestas por esquistos micáceos.

## 2.7 Tectónica

El yacimiento Moa Oriental se encuentra bajo la influencia de una gran falla que sigue la dirección del río Moa, a partir de ella se desarrolla otra estructura que sigue la dirección del arroyo Los Lirios, ambas constituyen los límites del yacimiento por el oeste y el este respectivamente y a partir de estas se desarrollan pequeñas fracturas en todas las áreas que siguen la dirección de cañadas y arroyos como el de la Veguita.

En la génesis de este yacimiento representan un papel importante los fenómenos tectónicos porque para la desintegración y posterior lixiviación de la roca madre es necesaria una red de grietas que permitan que el agua y los demás agentes de intemperismos puedan actuar sobre ellas, en la formación del yacimiento Moa es evidente que estos fenómenos estuvieron presentes, porque aunque existe un predominio de los perfiles incompletos, se encuentran zonas donde es imposible observar el corte completo, lo que corrobora que para que este se formara los fenómenos tectónicos tuvieron que influir.

## **2.8 Minerales útiles**

La presencia de rocas ultrabásicas en la región determina sus minerales útiles principales. En primer lugar podemos citar las menas de hierro, níquel y cobalto asociadas a la corteza de intemperismo de las rocas ultrabásicas.

Los yacimientos de cromitas refractarias, por su importancia, ocupan el segundo lugar. Todos los cuerpos y manifestaciones conocidas de cromita se agrupan en cuerpos minerales, la mayor parte de los cuales se agrupan en las partes marginales de la intrusión ultrabásica.

En menor orden de importancia aparecen manifestaciones de asbesto crisotílico, pobre mineralización de cobre en la zona de los gabroides, fangos coralinos y zeolitas, localizándose importantes manifestaciones de este último en la zona de Farallones de Moa. Los fangos coralinos son utilizados en el proceso industrial de la Empresa Moa Nickel S.A. para neutralizar las soluciones después de lixiviar el Ni. Hasta el momento, no se ha podido detectar otros minerales útiles en la región.

## **2.9 Características hidrogeológicas**

El yacimiento niquelífero Moa Oriental se encuentra situado en el complejo ofiolítico donde predominan las variedades de serpentinas, harzburgitas fuertemente serpentinizadas, existiendo en porciones reducidas serpentinitas crisotílicas y zona de intensa carbonatización de las serpentinitas. Sobre yaciendo a todas estas variedades litológicas se encuentra la corteza de intemperismo laterítica que varía desde 1 hasta 42m, predominando los espesores de 2 hasta 10m.

La corteza de intemperismo está constituida por ocrens estructurales finales e iniciales, así como por ocrens inestructurales con y sin perdigones de hierro de diferentes tamaños.

En este yacimiento se desarrolla el complejo acuífero de los horizontes litológicos presentes en la corteza laterítica, la que es infrayacida por las rocas fracturadas del complejo ofiolítico. La laterita está constituida por los ocrens inestructurales con y sin perdigones, así como los ocrens estructurales.

Según los estudios hidrogeológicos que se han realizado para la explotación del yacimiento Moa Oriental se pudo apreciar que el agua se encuentra presente en los Ocrens estructurales, en el contacto de este con las rocas ofiolíticas y en éstas, y que los ocrens inestructurales constituyen la zona de aireación las cuales se inundan en épocas de lluvias y descargan sus aguas muy rápidamente.

Durante el estudio del comportamiento del nivel en el tiempo según el informe de exploración orientativa y detallada del yacimiento Moa Oriental del año 1992, se pudo apreciar que los niveles en un mismo pozo oscilaban en el año con diferencia de 5 a 6 metros, lo que estaba relacionado con los períodos estacionales.

Haciendo un análisis de las propiedades acuíferas de las aguas podemos definir zonas de alta acuosidad, dadas por su gasto específico con valores mayores de 216 metros cúbicos por días.

De acuerdo con el estudio del comportamiento de los niveles en el tiempo en la exploración detallada desde el año 1985 hasta 1987 se pudo apreciar que los niveles oscilan frecuentemente en cortos períodos de tiempo, por lo que el manto acuífero se carga rápidamente, lo que está relacionado directamente con las precipitaciones atmosféricas.

Las cotas del nivel del agua en la parte Sur del yacimiento oscilan entre 300m y 260m, siendo las cotas del nivel del terreno de 350 a 250m . En la parte central del yacimiento las cotas del nivel del agua están entre 220m y 140m aproximadamente, y en la parte más baja del yacimiento las cotas del nivel del agua entre 60 a 0 m, mientras que las cotas del terreno están entre 150 y 50m.

## **2.9 Características hidrológicas**

El yacimiento Moa Oriental limita al este con el río Moa, para el cual se ha estimado un caudal medio de  $11.4 \text{ m}^3/\text{s}$  el cual drena una cuenca de  $288 \text{ km}^2$ , al este con el río Los Lirios el cual posee una cuenca de  $9.12 \text{ km}^2$  y según los cálculos el caudal es de  $0.188 \text{ m}^3/\text{s}$ ; en la parte central del yacimiento se encuentra el arroyo Jicotea el cual drena un área total de  $6.95 \text{ km}^2$  con un caudal estimado de  $0.134 \text{ m}^3/\text{s}$ . En la parte central y oeste del yacimiento se encuentra otro arroyo con una cuenca de  $0.71 \text{ km}^2$  y un caudal calculado en  $0.013 \text{ m}^3/\text{s}$ . En la parte sudeste del yacimiento se encuentra el arroyo Revuelta de los Chinos cuyas cuencas arenal es de  $11.41 \text{ km}^2$  y un caudal de  $0.267 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Todos los caudales dados anteriormente fueron tomados del estudio de impacto ambiental del yacimiento Moa Oriental, donde se plantea que fueron calculados por el método de J.M. Batista. Todos los ríos y arroyos mencionados anteriormente son afluentes al río Moa, el arroyo Jicotea es alimentado por numerosas corrientes.

En el río Los Lirios y el arroyo Jicotea se hicieron mediciones de agua arriba obteniéndose caudales de  $0.014 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $0.0076 \text{ m}^3/\text{s}$  respectivamente y en uno de los afluentes del Jicotea se realizó mediciones de agua arriba en el punto R-2 y aguas abajo en el punto R-1 observándose diferencias de  $0.007708 \text{ m}^3/\text{s}$ . En el arroyo de la parte Oeste del yacimiento se midió agua arriba siendo de  $26 \text{ m}^3/\text{días}$ . Todas estas mediciones se hicieron el mismo día y en periodo de seca.

## **2.10 Interpretación sobre la génesis**

Moa Oriental es por naturaleza un yacimiento de meteorización su génesis puede interpretarse como la destrucción y posterior transformación de las rocas del basamento o substrato, en general por la acción de la energía de los agentes atmosféricos, hídricos y biogénicos los que dieron lugar al surgimiento de nuevas rocas con textura, estructura, composición mineral y química propias.

No existen perfiles complejos, no son considerables las cortezas redepositadas lo que evidencia un origen aluvial del yacimiento.

## **2.11 Grado de desarrollo de la corteza de intemperismo**

La corteza de los yacimientos lateríticos del norte de Holguín, presentan cuatro zonas principales que pueden ser descrita macroscópicamente debido a la variación de color y la textura de la corteza, coincidiendo con la variación del contenido de níquel en ella. Estas son:

**Primera zona o zona superior.** Representa una coloración marrón oscuro, con abundantes concreciones con óxidos e hidróxido de hierro, que frecuentemente se hallan cementado entre sí por una materia ferruginosa de similar composición al de las concreciones, tienen una potencia variable, es la vía de entrada del agua de filtración, así como la zona de evaporación por lo que está sujeta al movimiento ascendente de las soluciones mineralizadas.

En la parte inferior, las concreciones se hacen más pequeñas y menos numerosas, predominando el material terroso de composición similar.

**Segunda zona.** Sigue a la anterior en la profundidad, está formada por materiales de carácter terroso con alta humedad, predominando la coloración amarilla, su potencia es variable.

**Tercera zona.** Formada por serpentinas descompuestas, su coloración y consistencia varía con relación al grado de alteración, dentro de la serpentina se presentan grietas y bolsones con materiales lateríticos. Su potencia es aún más irregular que las anteriores, transiciona a las serpentinas duras y compactadas de las que derivaran. En ellas se encuentran numerosas grietas, rellenas con silicatos de magnesio hidratado de color blancuzco y verdoso.

**Cuarta zona.** Aquí se ubica la roca madre y compacta extendiéndose en profundidad hasta niveles indeterminados.

La erosión del río Moa expone corte de más de 200m de espesor, otros cortes similares se observan en el cause del río Levisa.

## **2.12 Corte típico**

El área del yacimiento está compuesta por las peridotitas serpentinizadas en la superficie de las cuales está ampliamente desarrollada la corteza de intemperismo laterítico. Las ultrabásicas son las rocas madres de dicha corteza, se encuentran separadas en grandes bloques por un sistema de fallas tectónicas, estas rocas a causa de su diferenciación tectónica vertical se han encontrado en diferentes condiciones geomorfológicas e hidrogeológicas. A

causa de esto, la estructura del perfil de la corteza de intemperismo por la horizontal varía de un bloque a otro.

*Tipos de mena:*

**Menas lateríticas de balance (LB):** Pueden aparecer con alto contenido de MgO y SiO<sub>2</sub>, son generalmente ricas en Fe, Ni y Co.

**Menas serpentínicas de balance (SB):** Son menas donde el níquel posee los más altos contenidos. El silicio y el magnesio en Moa Oriental puede alcanzar valores máximos de 36 y 26% respectivamente.

**Menas lateríticas fuera de balance (LF):** En comparación con la mena LB, los elementos nocivos MgO y SiO<sub>2</sub> tienen una concentración discretamente menor, la de Al es algo mayor y tiene un alto contenido de Co. Es la de mayor contenido de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

**Menas ferrosas de balance (FB):** Son menas ferrosas que se acompañan de un alto contenido de Al y SiO<sub>2</sub>, aunque esta última se encuentra en menor cantidad que los otros tipos de menas.

**Rocas estériles (RE):** Tienen bajo contenidos de Ni, Fe y Co y altos de MgO y SiO<sub>2</sub>.

### **2.13 Características físico - mecánicas de las rocas**

El alto grado de intemperización que presenta la roca dificulta la determinación del agrietamiento. En el contacto de la corteza de intemperismo y el basamento, se presenta una faja discontinua muy alterada con características friables y deleznales, a medida que se profundiza aparece la roca fresca pero agrietada, las que desde el punto de vista ingeniero - geológico presentan una buena estabilidad por su dureza y solidez.

En los horizontes limoníticos se producen fenómenos físico - geológicos muy diferentes a los ocurridos en el basamento, desfavorables al proceso de explotación, entre los que encontramos deslizamientos, derrumbes, etc. Estos fenómenos que ocurren en las lateritas indican que durante la explotación es necesario tomar una serie de medidas que garanticen la estabilidad del mineral útil.

Es característico que el peso volumétrico varíe significativamente por tipo litológico, lo cual determina que un mismo tipo de mena al no estar condicionada por tipo litológico, pueda tener diferente peso en dependencia de

la zona, sin embargo, para los cálculos es comúnmente usado un solo valor de peso volumétrico para cada mena de cada yacimiento o sector. La humedad varía en dependencia de la profundidad, encontrándose los valores más altos en el material serpentínico. En yacimiento el coeficiente de esponjamiento obtenido en el escombro difiere al de las menas que componen el mineral útil, así no ocurre en la densidad y humedad que tienen de iguales valores (ver. tabla 2.1).

Tabla 2.1. Algunas propiedades y coeficiente del mineral y estéril.

	<b>Densidad (<math>t/m^3</math>).</b>	<b>Coeficiente de esponjamiento</b>	<b>Humedad (%)</b>
<b>Mineral</b>	1,05	1,35	36
<b>Estéril</b>	1,05	1,37	36

#### **2.14 Características de las rocas del substrato**

Las litologías a partir de las cuales se formaron las potentes cortezas de intemperismo que hoy constituyen los yacimientos lateríticos de hierro, níquel y cobalto de la región de Moa están constituidas fundamentalmente por peridotitas serpentinizadas, dunitas y piroxenitas.

Macroscópicamente son rocas densas y masivas de granos finos y generalmente agrietadas en diferentes grados. El color de la roca fresca es de gris verdoso a gris oscuro, en ocasiones hasta negro. La masa volumétrica de estas rocas oscila entre 2,41 y 2,58 g/cm<sup>3</sup>. Bajo el microscopio es común observar una textura de enrejado, con finas vetillas de serpentina en los centros de cuyas mallas se encuentran núcleos de olivino y piroxenos.

En la composición mineral aparecen los minerales del grupo de la serpentina (crisotilo, lizardita, antigorita, etc.) cuyo contenido comúnmente alcanza el 60 %. Los minerales primarios a veces representan el 5-30 %, en casos raros pueden alcanzar hasta 50 %. En pequeñas cantidades aparecen en su composición cromoespinelas y magnetita en forma de granos independientes y pequeños agregados.

El agrietamiento es una regularidad textural de las litologías ultramáficas del complejo ofiolítico, que contribuyó de forma importante a los procesos de

serpentinización y laterización de las ultramafitas, originando las cortezas lateríticas ferroniquelíferas.

### **2.15 Parámetros geomorfológicos**

Se caracteriza por tener relieve suave y ondulado, y gradualmente ascendente de norte a sur desde los 50m de elevación sobre el nivel de mar hasta aproximadamente 300m. Hacia el oeste la topografía disminuye bruscamente hasta cerca del río Moa, mientras que el límite hacia el este se caracteriza por tener pendientes más suaves dirigidas hacia el río Los Lirios. Internamente la zona se encuentra formada por diferentes elevaciones y crestas divididas por quebradas que drena hacia el río Moa.

### **2.16 Propiedades de los suelos**

El área del yacimiento de Moa Oriental ocupa una gran parte de las premontañas escalonadas septentrionales de la Altiplanicie del Alto de la Calinga, caracterizada, desde el punto de vista edafológico, por el predominio de los suelos del agrupamiento ferríticos.

Estos suelos han sido redefinidos recientemente como ferríticos rojos oscuros en la nueva versión de Clasificación Genética de los suelos de Cuba: Resolución Ministerial PCN No.42/ 95.

Desde el punto de vista de su potencial agrícola, puede decirse que estos suelos poseen un lavado intenso de las bases alcalinos-térreas y una baja fertilidad natural. Por otra parte, la cantidad excesiva de  $Fe_2O_3$  bloquea casi todos los elementos básicos para la alimentación de las plantas, principalmente la asimilación del  $P_2O_5$ .

El área del yacimiento de Moa Oriental está caracterizada por la existencia de una cobertura edáfica ferrítica lixiviada típica, sobre los restos de las superficies de planación premontañosas, y por la presencia de los suelos poco evolucionados, esqueléticos naturales, en las laderas y pendientes más abruptas.

En términos generales, los perfiles típicos de los suelos ferríticos del yacimiento poseen las características enunciadas en la Tabla 2.2.

Los suelos ferríticos distribuidos en el área del yacimiento de Moa Oriental, se caracteriza por la presencia en ellos, del horizonte de diagnóstico

subsuperficial Férrico (horizonte B Férrico; endopedón oxidico en la Séptima Aproximación Norteamericana), el cual posee las siguientes características físico –químicas:

- a) Presencia de nódulos ferroginosos que representan menos del 20% del volumen de la masa del suelo.
- b) Tiene más de 50% de sesquióxidos de hierro.
- c) Capacidad de intercambio menor de  $12 \text{ cmol}(+)\text{Kg}^{-1}$  en arcilla.
- d) La composición de minerales secundarios está representada por hematita, goetita, gibbsita y trazas de minerales arcillosos 1:1.
- e) Relaciones moleculares en arcilla  $\text{SiO}_2 / \text{Fe}_2\text{O}$  menor que 2 y  $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$  menor que 1.
- f) Grado de saturación por bases mayor de 50%.
- g) Valores cercanos de pH en agua y en cloruro de potasio.
- h) Estructura de agregados finos, poco estables.

Tabla 2.2. Descripción general del perfil del suelo ferrítico.

Horizonte.	Prof. (cm).	Descripción del perfil
<b>A</b>	<b>0-10</b>	Poco sistema radicular, capa vegetal ( $A_0 - A_{00}$ ) muy delgadas (1mm), constituida fundamentalmente de acículas de pino, la estructura de los agregados es granular, estable, sin perdigones, la textura es franca arenosa, color rojo oscuro, con Hue 2,5 YR $\frac{3}{4}$ (entiéndase value =3, chroma =4), no es pegajoso al tacto, no se observan canales de lombrices, no hay caracoles, ni otras macroformas de vida.
<b>B<sub>1</sub></b>	<b>10-30</b>	Muy poco sistema radicular, la estructura es poliédrica pequeña, poco estable, abundantes perdigones ferromangánicos(más del 5%)textura franca arcillosa, el color es rojo oscuro, con Hue 2,5 YR $\frac{3}{6}$ , no es pegajoso al tacto, sin canales de lombrices.

<b>B<sub>2</sub></b>	<b>Más de 30</b>	No tiene sistema radicular, la estructura es granular –nuciforme pequeña, estable textura franca arcillosa, menor contenido de pedregones ferromangánicos, etc. el color similar al B <sub>1</sub> , sin canales de lombrices.
----------------------	------------------	--

Como se aprecia, estos suelos poseen una muy baja capacidad de bases cambiables (CCB), lo que se traduce en una también muy baja fertilidad natural. El pH en agua es ligeramente ácido, aspectos este de importancia en cuanto a las medidas a tomar para la rehabilitación (ver Tabla 2.3).

Tabla 2.3. Indicadores ambientales claves promedios de 112 muestras de suelos ferríticos tomadas en profundidades hasta de 15 metros.

<b>SiO<sub>2</sub></b> %	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> %	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b> %	<b>Ni,Cr,Co</b> %	<b>Coloides</b> %	<b>PH en</b> <b>H<sub>2</sub>O</b>	<b>CCB</b> <b>Mq/100g</b>
3.6	11.9	64.9	1.1	55-70	6.1	menor de 3

En las áreas de pendientes inclinadas del yacimiento, se distribuyen los suelos Esqueléticos (poco evolucionados), los cuales presentan, en general el perfil que se expone en la tabla 2.4.

Tabla 2.4. Descripción general del perfil del suelo Esqueléticos.

<b>Horizonte</b>	<b>Prof (cm)</b>	<b>Descripción del perfil.</b>
<b>A</b>	<b>0-5</b>	Abundante sistema radicular, capa vegetal (A <sub>0</sub> -A <sub>00</sub> ) espesa (mayor que 3 cm) constituida fundamentalmente de hojas descompuestas y semidescompuestas del charrasco y de gramíneas, estructura es arcillosa, color pardo amarillento oscuro, con hue 10 YR <sup>3</sup> / <sub>4</sub> , no es pegajoso al tacto, no se observan canales de lombrices, no hay caracoles, no reacciona al HCL, tiene algunos fragmentos de serpentinas.

<b>AC</b>	<b>5-20</b>	Poco sistema radicular, sin estructura de los agregados, textura arcillosa, color igual que en A, no es pegajoso al tacto, no hay canales de lombrices, no hay reacción al HCL, tiene abundantes fragmentos de serpentinas.
-----------	-------------	---

Se trata de los suelos de perfil ACD o AD, poco profundos (menos de 20 cm de solum) con alto contenido de gravas y fragmentos de la roca madre en superficie, donde hay poca alteración de los minerales primarios.

Estos suelos aparecen en niveles fuertes de pendientes (15° a 35°), rodeando las superficies interfluviales de los ríos Moa ,Jicotea y Los Lirios, entre los 150 y 400 m de altitud.

En general, y como se aprecia en la Tabla 2.5, los lithosoles sobre ultrabásicas son suelos algo fértiles, con alta saturación por bases (mayor de 50 %) y alto contenido de materia orgánica(5.0%), moderada disponibilidad de Nitrógeno total (0.026%) etc; sin embargo, son suelos muy poco productivos, debido fundamentalmente a la manifestación extrema de algunos factores limitantes para los cultivos agrícolas , tales como la poca profundidad efectiva y pedológica, rocosidad, pedregosidad , intensa erosión y muy baja disponibilidad de fósforo y potasio.

Tabla 2.5. Análisis de fertilidad promedio del Lithosol sobre serpentinitas.

Hor	Prof (cm)	M.o (%)	N% (total)	% C	C/N	CCB (suelo)	Gr de sat %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (asim)	K <sub>2</sub> O (asim)	Micr oele (ppm) Zn	C u	B o
AC	0-20	5.0	0.206	2.9	14.08	24.34	66.7	1.43	3.02	0.5	4.1	0.08

No- número de muestras.

Hor- horizonte.

Prof- profundidad.

M.O- materia orgánica.

C/N- relación carbono – nitrógeno.

CCB- bases de cambio.

Meq/100g- miliequivalente por cada 100g.

$P_2O_5$ (asim)- fósforo admisible.

$K_2O$ - potasio admisible.

ppm – partes por millón.

Gr de satur – grado de saturación por bases.

### 3.1 Caracterización de la minería

El yacimiento Moa Oriental entró en explotación el día primero de octubre del año 2000, un mes antes habían comenzado los trabajos de destape. Moa Oriental se caracteriza por tener un relieve suave y ondulado, y gradualmente ascendente de norte a sur. Hacia el oeste la topografía disminuye bruscamente hasta cerca del río Moa, mientras que el límite hacia el este se caracteriza por tener pendientes más suaves dirigidas hacia el río Los Lirios. Internamente la zona se encuentra formada por diferentes elevaciones y crestas divididas por quebradas.

Por razones climáticas generalmente predominan dos afectaciones fundamentales: la generación de polvo en los períodos secos y la obstrucción de las vías y zonas minadas en los períodos de intensas lluvias, así como el embalse de las aguas en las zonas de minería, pero ello no constituye un peligro inminente para garantizar la producción ni la seguridad de operación.

Ocasionalmente ocurren fenómenos de deslizamientos y derrumbes, típicos de las rocas lateríticas y que están asociados a sus características friables. La solución de esos problemas se garantiza con el diseño de proyectos con mayor calidad y al desarrollo de las labores mineras tomando una serie de medidas que garantizan la ejecución segura de los trabajos.

### 3.2 Desarrollo geológico

El yacimiento se encuentra explorado y desarrollado en distintas redes de perforaciones, la de 33x33m, que se empleó para la calcular la potencia media de perforación. Además fue necesario la aplicación de una red complementaria de 16x16m, con el propósito de obtener datos más representativos.

Para realizar la explotación del yacimiento por bancos se debieron reestimar que el agotamiento del mineral no se hará mediante pozos de red de exploración como se hace con el método tradicional, sino por bloques elementales que conforman el banco.

Para estimar la calidad del mineral contenido en cada bloque se empleó un modelo geológico surgido a raíz de la información aportada por las redes de exploración y explotación, se considera el valor promedio de los elementos útiles y los nocivos para toda la masa del cuerpo, estimándose una red virtual de 3x3m.

Este método conlleva una reestimación de las reservas geológicas del yacimiento ya que el volumen elemental de mineral pasó a una capa de 1 metro de profundidad a un bloque de 3 metros de potencia y 8x8m. De superficie (192 metros cuadrados). En este caso se promedia el contenido de cada pozo de la red virtual de 3x3m, dentro del bloque elemental de 8x8x3m, y el resultado se utiliza para evaluar si se considera mineral o estéril, pudiendo suceder que una capa determinada con valores inferiores al cut-off establecido sea considerado útil, debido al contenido superior de las capas contiguas.

Otro novedoso aspecto en el desarrollo geológico es la incorporación del concepto de níquel equivalente, para establecer el cut-off mínimo, así se consideran los contenidos de níquel y cobalto en la mena laterítica, al igual que los precios en el mercado mundial de los metales. Todo esto se calcula mediante la ecuación:

$$e = (N_i + C_o) * \frac{\$C_o}{\$N_i}$$

### **3.3 Sistema de explotación por bancos (explotación con retroexcavadoras)**

El desarrollo de la minería se hará en frentes continuos a través de bancos múltiples paralelos y por la horizontal, con la utilización de medio de transporte, y escombreras interiores. La apertura de nuevos frentes se efectuará a través de trincheras longitudinales interiores o exteriores. Este sistema se empleó por primera vez en Moa Oriental, y además, actualmente, se usa en el yacimiento Zona A.

La explotación del yacimiento Moa Oriental se realiza a través de un sistema de bancos múltiples donde los frentes de excavación se desplazan de este a oeste (o viceversa) y los frentes de trabajo se desplazan de norte a sur.

Para la excavación de mineral laterítico se utilizan retroexcavadoras LIEBHERR 984 y para el traslado del mineral se utilizan camiones articulados VOLVO A35C.

El parámetro básico del sistema de explotación utilizado es la altura del banco, para su establecimiento se consideran las propiedades físico-mecánicas y las características del equipamiento minero.

Luego de analizar detalladamente los aspectos mencionados se estableció la altura de los bancos igual a 3 m y las dimensiones de los bloques elementales para el establecimiento de las reservas 8\*8\*3, es decir la explotación de los bancos se realizará a través de bloque de 192 m<sup>3</sup> en los bancos intermedios, los bancos superficiales dependen del relieve de la superficie.

Considerando el alto grado de dinamismo de los bancos de trabajos se decidió establecer 90<sup>0</sup> de talud, no así en los límites de la explotación donde la permanencia del banco es por tiempo indefinido y se formó como talud de 75<sup>0</sup>.

Para la explotación de las primeras fases de minería, se previó a ejecución de un escombrera ubicada en un zona de afloramiento de serpentinas y poco volumen de mineral limonítico de baja calidad, aquí se confrontó la dificultad de no contarse con un área previamente minada para su ubicación.

El aspecto meodiambiental fue considerado en el diseño de la escombrera que prevé la disposición del escombro en bancos de 3m de altura compactados en capas de 0.25m con talud 2:1 (aproximadamente 26<sup>0</sup>), para evitar el arrastre de sedimentos por las corrientes superficiales provocadas por las lluvias. El volumen de admisión de la escombrera es de 1 000 000m<sup>3</sup>.

Tanto para la zona de minería como para la escombrera se diseñó un programa de control de la erosión y sedimentos que prevé la ejecución de canales de desvíos y de colección y piscinas de sedimentación en el perímetro de las zonas afectadas por la minería.

Para la conservación del suelo vegetal se diseñó un depósito con capacidad de admisión de alrededor de 400 000m<sup>3</sup> contemplado también dentro del programa de control de erosión y sedimentación.

A partir de la fase 2 de minería (año 2002) se diseñó una escombrera en la zona minada de la fase 1 que se utiliza en la actualidad para la deposición selectiva del escombro, en el sector oeste se ubica el material con contenido de níquel equivalente entre 1 y 1.25 y en el sector este el escombro normal formado por concreciones ferruginosas.

Los horizontes de una zona pueden no coincidir con los de otra, ya que pueden ser determinados a partir de modelos de bloque diferentes, aunque dentro de un mismo yacimiento es aconsejable comenzar el rompimiento de los bancos partiendo de un mismo horizonte.

### 3.4 Parámetros fundamentales de explotación

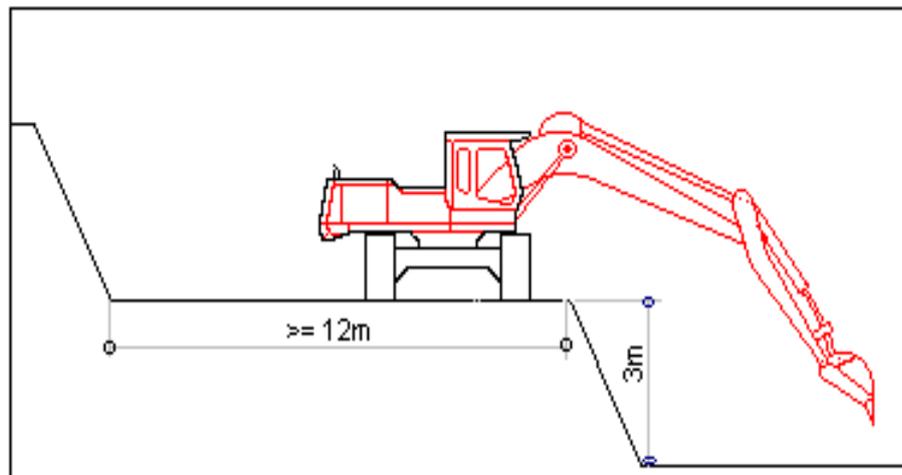
*Altura de banco* - La altura de los bancos va a ser siempre constante, de 3 metros, tanto para el escombrecimiento como para la extracción. Su determinación estuvo basada en los siguientes parámetros:

- Altura del camión a utilizar ( VOLVO ) – 3 metros.
- Visibilidad apropiada para el operador de la retroexcavadora por la altura del camión.
- Mayor estabilidad del talud.
- Menor pérdida y empobrecimiento en los contactos entre menas.

*Talud del banco de trabajo* - El talud por su pequeña altura y gran dinamismo tendrá una inclinación generalmente superior a los 85°.

*Plataforma de trabajo* - Al realizar la carga desde el banco superior, el ancho mínimo de la plataforma de trabajo será de 12 metros, si la carga se realiza al mismo nivel de ubicación de la retroexcavadora y el camión tiene que retornar a la misma vía para regresar, el ancho mínimo admisible será de 16 metros.

Fig. 1 Retroexcavadora en el tajo.



### 3.5 Fases de minería.

Para la explotación de yacimientos es necesario realizar una serie de operaciones en un orden lógico, estas son:

1. Desbroce.

Incluye la tala de árboles por la forestal y la remoción de la capa de suelo vegetal (25 a 40 cm de espesor). Este material será removido por un bulldozer, se transportará para los depósitos temporales de cada yacimiento el cual se utilizará posteriormente en la rehabilitación de las áreas minadas. Al ejecutarse esta operación los arbustos pequeños se depositan conjuntamente con el material removido. En Moa Oriental se utilizará el depósito existente.

2. Escombrecimiento.

Durante el desarrollo de esta actividad se removerá un total de 850 mil m<sup>3</sup> de escombros, esta labor se realizará con el mismo equipamiento de extracción. Se

removerá de forma similar a como se realiza la extracción de minerales (por bancos y plataformas de la misma dirección).

### 3. Construcción y mantenimiento de caminos.

La construcción de caminos es una labor que requiere especial cuidado, desde la proyección hasta la construcción propiamente dicha, pues lo mismo deben cumplir con una serie de requisitos que son indispensable para que el transporte del mineral se realice con seguridad y economía.

Esta actividad se realiza por la brigada de apoyo a la minería con el equipamiento necesario. Las características y dimensiones de los caminos para el transporte de mineral son:

- a) Doble vía de circulación,
- b) Ancho máximo de 14m (sumando los paseos o berma de seguridad lateral), pendientes máximas de 8% y
- c) Recubrimiento con escombro o rocoso si son caminos principales o secundarios no ubicados sobre la minería.

El diseño de los caminos se realiza en el Grupo de Planificación e Ingeniería, apoyándose en el software CARTOMAP.

### 4. Extracción y transporte.

*Moa Oriental* – Con respecto a la minería del año 2002 el volumen de minado se reduce a un 64%, minará en todos los trimestres un total de 1.68 millones de toneladas de mineral(49%) y alimentará directamente más del 43%. Su minería la realizará con 2 retroexcavadoras y camiones articulados, una de estas retro emplearán entre 60-70% del tiempo en el destape.

Este yacimiento posee un volumen importante de recursos d(alrededor de un millón) que son remanentes de fondo de la minería del 2001 y 2002, pero no han sido planificados por estar limitados por la presencia de rocas. Este mineral podrá ser incorporado de ponerse en funcionamiento el sistema de cribado (en fase de proyecto) antes de ser alimentado a planta de pulpa, contribuyendo a la reducción del volumen de escombro a remover y a mejorar la calidad del mineral alimentado.

### 5. Conformación de escombreras.

Las escombreras de Moa Oriental (incluyendo las del escombro selectivo) se seguirán ejecutando por el proyecto de la firma de consultoría Knight Piésold. La conformación de las escombreras tiene los siguientes parámetros fundamentales:

- a) Altura de banco o capa de 3m.
- b) Talud con pendiente 2:1.
- c) Bermas de 4m entre el borde superior de cada capa y el pie de la capa superior con una pendiente hacia el interior de 0.5 %.

Como se muestra en el esquema **XXXXXXXX** los bordes finales de cada capa deben ser compactados para lograr mayor estabilidad e impedir el arrastre de sedimentos.

### 6. Rehabilitación.

Las operaciones mineras se ejecutarán en áreas individuales según se vayan agotando, en ellas se irá depositando el escombro procedente del destape de otras áreas. Posteriormente se proseguirá con el recubrimiento con la capa vegetal y la reforestación. En la actualidad se aprobó un proyecto para la rehabilitación de 40 ha de zonas dañadas y la ejecución de aliviaderos a las piscinas de sedimentación con un monto de US\$73 000.

### 3.6 Equipamiento minero

#### Desbroce

Para sacar la capa vegetal es necesario utilizar el bulldozer KOMATSU 56 D125 E-2, este equipo, es muy productivo en cualquier régimen de trabajo ya que tiene la posibilidad de moverse por esteras lo que lo hace mucho más efectivo. Sus dimensiones y la de sus elementos de trabajo.

Dimensiones:

1. Largo: 6060 mm.
2. Ancho: 3500 mm.
3. Potencia: 225 HP/2000 r.p.m.
4. Largo de la cuchilla: 4365 mm.
5. Alto de la cuchilla: 1210 mm.

#### Destape y arranque:

El destape y arranque se realizan con retroexcavadoras LIEBHERR 984 Y bulldozer KOMATSU 56 D125 E-2 para operaciones auxiliares.

La retroexcavadoras LIEBHERR 984 con los siguientes parámetros:

1. Volumen del cubo,  $V_c = 6m^3$ .
2. Duración del ciclo de trabajo,  $T_c = 40seg$ .
3. Longitud de la pluma,  $L_p = 8000mm$ .
4. Ancho del cubo,  $A_c = 2600mm$ .
5. Alcance máximo durante el ataque,  $5m$ .
6. Aprovechamiento de la jornada laboral,  $K_{uj} = 0.82$ .
7. Utilización del parque,  $K_{up} = 1$ .
8. Coeficiente de llenado,  $K_{ll} = 0.95$ .
9. Disponibilidad del equipamiento,  $D = 0.9$ .

#### Transporte automotor:

El mineral es transportado a través de los camiones articulados VOLVO BM A35C. Se eligió estos camiones debido a las grandes ventajas que han demostrado durante la explotación de otros sectores de este yacimiento lo cual a pesar de los difíciles factores minero técnicos y geológico minero. Sus características técnicas son:

1. Capacidad de carga: 32t.
2. Volumen de la caja:  $19m^3$ .
3. Tracción: 6x6
4. Potencia del motor: 228Kw (306HP).
5. Ángulo de basculación de la caja:  $73^\circ$ .
6. Tara: 25000Kg.
7. Coeficiente de tara: 0.8

#### 3.5.1 Medidas de seguridad para el trabajo con retroexcavadoras

1. Cuando la excavadora está en operaciones, se prohíbe la presencia de personas en el radio o sector de influencia de la misma.
2. La excavadora 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 excavadora debe hacerse a la señal del jefe de turno o de brigada.

5. Durante el movimiento debe garantizarse el contacto visual o por radio - comunicación entre el operador y el que dirige el movimiento.
6. Las excavadoras deben trabajar sobre plataformas aplanadas y compactas y los cables de acero que se utilicen en el alza, el 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 hilo.

### **3.5.2 Medidas de seguridad para el trabajo con transporte automotor**

1. La planta y perfil de los caminos deben corresponder a 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.

### **3.5.3 Medidas de seguridad para el trabajo con bulldozeros**

1. Se permite el trabajo en el radio de acción de la excavadora, sólo 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 convenientemente 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 depósito de mineral la distancia entre la estera y el borde del terraplén no debe ser menor de 2m.
6. Los bancos y terrazas creadas por el bulldozer en las laderas, deben tener una pendiente transversal de 1° a 3° hacia el lado opuesto del borde superior del talud.

### **3.5.4 Protección 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 3.1 se relacionan las partes del obrero que se deben proteger, así como los medios de protección y los requisitos básicos de estos medios.

Tabla 3.1 Relación entre el trabajador y los medios que deben usar para su protección.

<b>Lugar del cuerpo</b>	<b>Medio protector</b>	<b>Requisitos que debe cumplir el medio protector.</b>
<b>Cabeza</b>	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
<b>Oído</b>	Tapones de oídos, orejeras o casco protector contra ruido	Que atenúe el sonido, que tenga confort y durabilidad que no tengan impactos nocivos sobre la piel que conserven la palabra clara y que sea de fácil manejo.
<b>Ojos y cara</b>	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.
<b>Manos y brazos</b>	Guantes, almohadillas, protectores de brazo, mangas y protectores de dedo.	Que estén reforzados para que protejan al trabajador contra llamas, calor y cortaduras.
<b>Tórax</b>	Delantales de piel, de goma sintética y para asido	Deben proteger contra chispas, cortaduras pequeñas y protección contra agua y tierra.
<b>Pies y piernas</b>	Botas corte alto, tobilleras, polainas, almohadillas.	Casquillos de acero para los pies, anticonductivos, antichispas y deben resistir las descargas eléctricas.
<b>Vías respiratorias</b>	Respiradores con filtro para polvo, máscaras con filtro para gases, respiradores con líneas de aire, máscaras con puentes de 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.

## CAPÍTULO IV.

## DISEÑO DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DEL SECTOR 10.

### 4.1 Introducción

El diseño de una mina posee múltiples objetivos para el cumplimiento de los cuales se deben realizar disímiles tareas, entre las que se destacan; la selección del método de explotación, el dimensionamiento geométrico de la mina, la determinación del ritmo anual de producción, la ley de corte, etc. En el pasado la selección de un método minero para explotar un yacimiento virgen se basaba en la revisión de las técnicas aplicadas en otras minas y en la experiencia obtenida al laborear en yacimientos similares. Actualmente, como la inversión del capital que se necesita para abrir una nueva mina o para cambiar el método de explotación existente es muy elevada y las influencias de estos sobre el costo de extracción es importante, es menester que dicho proceso de selección responda a un análisis sistemático y global de todo parámetro específico del yacimiento: geometría y propiedades geo-mecánicas del cuerpo mineral y rocas de caja, distribución de leyes, factores económicos, limitaciones ambientales, condiciones sociales [ ].

Debido a cambios en estos parámetros y las dificultades de su cuantificación total, ha impedido el desarrollo de reglas rígidas y esquemas precisos de explotación aplicables en cada yacimiento en particular. No obstante los avances logrados en algunas ramas de la ciencia en los últimos años han permitido establecer métodos generales de explotación y procesos numéricos de selección válidos durante la etapa de viabilidad de un proyecto.

Por lo antes expuesto la explotación de esta fase (SECTOR 10) es parte de la minería desarrollada en la Moa Nickel S.A, por lo que para dar cumplimiento al objetivo del trabajo de diploma se empleará la maquinaria existente en dicha empresa, vale destacar que la flota de equipos seleccionados está constituida por técnica de punta a nivel mundial y de acuerdo a la experiencia obtenida en otras fases del mismo yacimiento, ha mostrado una alta eficiencia y compatibilidad con las condiciones minero-geológicas-ambientales.

Es preciso destacar que debido al envejecimiento de la flota de camiones (varios sobrepasan las 20 000 horas de explotación) la disponibilidad técnica ha disminuido.

## **4.2 Caracterización del Sector 10**

El sector de estudio se encuentra ubicado en la parte sur del yacimiento Moa Oriental, ocupa un área de 38.9 ha, limita por el norte y oeste con zonas vírgenes, por el noreste y este con el río Jicotea y afluentes, al sur con zonas ya minadas, regiones sin explotar y afluentes del río Jicotea.

Según el sistema de coordenadas locales empleadas en la Empresa, la región de los trabajos se encuentra enmarcada en las siguientes coordenadas:

Norte:7490-8350

Este:11100-122250

Las pendientes varían gradualmente entre las cotas 112m y 249m sobre el nivel del mar. Por lo general los perfiles de la corteza son completos. La potencia promedio del mineral en el sector es 3.55m.

En cuanto a la clasificación del sector del yacimiento en el cual se centra la investigación, desde el punto de vista de su explotación, puede realizarse atendiendo a diferentes criterios, entre los que se encuentran (Rzhevsky, 1987):

- ✓ Por el relieve del terreno original: se clasifica como inclinado por encontrarse en un relieve relativamente suave.
- ✓ Por su proximidad a la superficie: se define de superficial, ya que el material de recubrimiento nunca sobrepasa los 20 ó 30 metros.
- ✓ Por su inclinación: inclinado, ya que los ángulos varían desde los 10° hasta los 20° sobre el plano natural.
- ✓ Por la distribución de la calidad del mineral en el yacimiento: no uniforme, porque la mineralización presenta cualidades distintas en algunas direcciones en planta o en profundidad dentro del depósito. En este caso se suele efectuar la extracción simultanea en varias zonas, para proceder a la mezcla y la homogenización de los minerales extraídos.

## **4.3 Estimación de reservas**

Todas las bases de datos utilizada en los cálculos fueron creadas por la empresa Geominera y la exploración de explotación que realiza la Empresa, los cuales se obtienen a partir de las perforaciones ordinarias de diferentes etapas de exploración, fundamentalmente de la red de 100 x 100 m y 33 x 33 m. En

los últimos tiempos se han incorporado a las bases de datos los resultados analíticos de todas las perforaciones complementarias que se realizan, tales como las de investigación en red irregular o las de confirmación en red de 66 x 66 m ó 33 x 33 desplazada, así como las de explotación en red de 16 x 16 m.

Para el establecimiento de las reservas se utilizó el nuevo concepto de níquel equivalente, que incluye el precio de los metales básicos (Ni y Co), además del cut-off, obteniéndose el valor de dicha fórmula:

$$Ni_{equi} = \%Ni + \%Co \times (P_{co}/P_{ni})$$

Donde:

P<sub>ni</sub> y P<sub>co</sub> – son los estimados del precio del níquel y el cobalto en el mercado internacional.

En este caso el cut -off de Ni, Fe y Ni<sub>equi</sub> se aplican al compósito de las muestras que conforman cada bloque de 8 x 8 x 3 m del modelo de bloques. De este modo en nuestro yacimiento, se considera mena LB o mineral útil todo bloque con cut-off de Ni y Fe, pero Ni<sub>equi</sub> ≥ 1.25 %, y estéril el que no cumpla esa condición. Excepcionalmente se trata como estéril diferenciado a los bloques con Ni<sub>equi</sub> ≥ 1.25%, pero con Ni ≥ 0.9 %, Fe ≥ 35.0 %, los cuales son considerados de valor económico en el futuro.

Los recursos se estimaron mediante el Sistema Integral Minero (SIM), desarrollado en la Subdirección de Minas pero utilizando el método de bloques (ver Tabla 4.1). Las dimensiones de los bloques son de 8 x 8 x 3 m y obedecen a criterios técnicos relacionados con el perfil geológico del yacimiento y la propiedades físico-mecánicas el mineral, así como los parámetros fundamentales del equipamiento minero.

Tabla 4.1 : Balance de recursos minerales.

Yacimiento	Recursos (t)	% Fe	% Ni	% Co
<b>Moa Oriental</b>	1485212	43.38	1.21	0.125

El procedimiento para la estimación de las reservas del yacimiento y de la fase se realizaron a través del SIM según el modelo de bloque, dentro de las

cuales se incluyen, las franjas de protección medioambientales y restricciones por líneas eléctricas.

### 4.3 Dilución

Para la determinación de este parámetro se consideraron los resultados de la minería de los años 2000, 2001 y 2002, con los valores siguientes:

Tabla 4.2

Yacimiento	Tonelaje (t)	% Fe	% Ni	% Co
Moa Oriental	0,9807	1,007	0,9847	0,9825

Esta dilución resulta la diferencia entre el % de componentes de las Reservas Medidas y el componente de las Reservas Probadas. El volumen se afecta por las pérdidas y el empobrecimiento, así como por el rechazo producido por la Planta de preparación de Pulpa.

### 4.5 Capacidad de producción de la fase.

La capacidad de producción de la fase está sujeta al cumplimiento de las necesidades de níquel dosificado, en aras de obtener los contenidos de níquel y cobalto dentro de las especificaciones del proceso metalúrgico, así como de un aprovechamiento máximo de las capacidades de los equipos en el turno de trabajo.

*Media ponderada del níquel en la mina.*

$$M_{pNi} = \frac{N_{i\text{sector}10} * V_{m\text{sector}10} + N_{i\text{sector}15} * V_{m\text{sector}15}}{V_{m\text{sector}10} + V_{m\text{sector}15}}$$

$$M_{pNi} = \frac{1.21\% * 1485000 + 1.17\% * 980000}{1485000 + 980000}$$

$$M_{pNi} = 1.19\%$$

*Media ponderada del cobalto en la mina.*

$$M_{pCo} = \frac{C_{o\text{sector}10} * V_{m\text{sector}10} + C_{o\text{sector}15} * V_{m\text{sector}15}}{V_{m\text{sector}10} + V_{m\text{sector}15}}$$

$$M_{pCo} = \frac{0.125\% * 1485000 + 0.152\% * 980000}{1485000 + 980000}$$

$$M_{pCo} = 0.14\%$$

Volumen de extracción de mineral para cumplir con el plan anual de producción de la fábrica.

$$V_m = \frac{P_{\text{min a}}}{[(M_{pN_i} + M_{pC_o})/100]} * 0.9 * 0.85$$

$$V_m = \frac{34000}{[(1.19 + 0.14)/100]} * 0.9 * 0.85$$

$$V_m = 3345000t$$

$P_{\text{año}} = 34000t$  Plan de producción anual de la fábrica.

El resultado obtenido es el volumen de extracción anual para toda la mina. Con este se cumple el plan de producción anual de la fábrica, 34000t., para el año 2004.

Para cumplir con el plan de producción de la fábrica debe llegar a la Planta de Pulpa 10 200t/día, el 60% de este valor pertenecerá a Moa Oriental (6100t/día) y la otra parte de la extracción (40% , 4 100t/día) a sectores que se explotarán simultáneamente en la concesión de zona A, así se contrarresta la variabilidad de la ley del mineral existente en el yacimiento.

El yacimiento Moa Oriental es el de mayor peso en la extracción diaria de mineral en la mina, con un 60% de la misma, lo que indica que del volumen de extracción anual de la mina, se debe extraer de  $2 * 10^6 t$  de mineral. Vale destacar que las reservas del Sector 10 (ver Tabla 4.3), no son las suficientes para satisfacer el plan de producción anual de la fábrica y obedeciendo al capacidad de extracción diaria (6100t/día) se ha estimado que la fase sólo satisface un periodo de 244 días laborables (9 meses). El resto del volumen para cumplir con el plan se recomienda extraer de otras áreas.

Tabla 4.3 Estimación de las reservas del Sector 10.

Bancos y cotas	Reservas (t)	Suma de las reservas	Productividad del sector (t/día)	Tiempo de explotación (días)	Suma de los días de explotación del Sector 10
50(395,0-398,0)	662,76	662,76	6100	0,11	0,11
51(392,0-395,0)	3753,81	4416,57	6100	0,62	0,73
52(389,0-392,0)	5206,35	9622,92	6100	0,85	1,58
53(386,0-389,0)	8255,51	17878,43	6100	1,35	2,93

54(383,0-386,0)	7260,15	25138,58	6100	1,19	4,12
55(380,0-383,0)	5600,18	30738,76	6100	0,92	5,04
56(377,0-380,0)	6932,69	37671,45	6100	1,14	6,18
57(374,0-377,0)	11574,08	49245,53	6100	1,9	8,08
58(371,0-374,0)	10949,28	60194,81	6100	1,79	9,87
59(368,0-371,0)	17120,45	77315,26	6100	2,81	12,68
60(365,0-368,0)	38529,85	115845,1	6100	6,32	19
61(362,0-365,0)	48388,2	164233,3	6100	7,93	26,93
62(359,0-362,0)	46158,29	210391,6	6100	7,57	34,5
63(356,0-359,0)	42742,81	253134,4	6100	7,01	41,51
64(353,0-356,0)	35890,28	289024,7	6100	5,88	47,39
65(350,0-353,0)	36581,22	325605,9	6100	6	53,39
66(347,0-350,0)	41051,05	366657	6100	6,73	60,12
67(344,0-347,0)	46655,53	413312,5	6100	7,65	67,77
68(341,0-344,0)	49716,04	463028,5	6100	8,15	75,92
69(338,0-341,0)	50858,13	513886,7	6100	8,34	84,26
70(335,0-338,0)	50667,38	564554	6100	8,31	92,57
71(332,0-335,0)	54092,84	618646,9	6100	8,87	101,44
72(329,0-332,0)	47173,99	665820,9	6100	7,73	109,17
73(326,0-329,0)	36338,14	702159	6100	5,96	115,13
74(323,0-326,0)	38388,14	740547,2	6100	6,29	121,42
75(320,0-323,0)	42295,09	782842,2	6100	6,93	128,35
76(317,0-320,0)	40133,31	822975,6	6100	6,58	134,93
77(314,0-317,0)	34028,72	857004,3	6100	5,58	140,51
78(311,0-314,0)	31863,8	888868,1	6100	5,22	145,73
79(308,0-311,0)	30221,77	919089,8	6100	4,95	150,68
80(305,0-308,0)	22271,86	941361,7	6100	3,65	154,33
81(302,0-305,0)	22807,42	964169,1	6100	3,74	158,07
82(299,0-302,0)	24032,13	988201,3	6100	3,94	162,01
83(296,0-299,0)	27988,22	1016189	6100	4,59	166,6
84(293,0-296,0)	38407,8	1054597	6100	6,3	172,9
85(290,0-293,0)	49510,69	1104108	6100	8,12	181,02
86(287,0-290,0)	54931,18	1159039	6100	9,01	190,03
87(284,0-287,0)	73218,23	1232257	6100	12	202,03
88(281,0-284,0)	48435,51	1280693	6100	7,94	209,97
89(288,0-291,0)	39801,85	1320495	6100	6,52	216,49
90(285,0-288,0)	41301,91	1361797	6100	6,77	223,26
91(282,0-285,0)	37843,52	1399640	6100	6,2	229,46
92(279,0-282,0)	22618,55	1422259	6100	3,71	233,17

93(276,0-279,0)	25632,16	1447891	6100	4,2	237,37
94(273,0-276,0)	22977,45	1470868	6100	3,77	241,14
953(270,0-273,0)	11118,48	1481987	6100	1,82	242,96
96(267,0-270,0)	3058,62	1485045	6100	0,5	243,46
97(264,0-267,0)	166,6	1485212	6100	0,03	243,49

#### **4.6 Control de la calidad del mineral**

Una característica importante de los yacimientos lateríticos la constituye la alta variabilidad de la ley de hierro, níquel y cobalto en todas las direcciones. La ley de níquel puede variar a muy poca distancia de 0.4 a 0.8%, por ello para lograr el óptimo procesamiento de mineral, la producción será planificada en aras de mantener los contenidos de níquel y cobalto dentro de los rangos admisibles industriales así como el volumen de mineral.

Atendiendo los resultados obtenidos del programa de perforación, las operaciones mineras deberán ser cuidadosamente planificadas, el mineral deberá ser minado simultáneamente desde dos o más frentes para lograr la mezcla deseada. Los geólogos y técnicos de campo deberán monitorear y tomar muestras de los frentes activos en todos momento que se estime necesario, generalmente se toman muestras a cada camión.

Hay que tener alternativas de minería con varios frentes disponibles por sí eventualmente las muestras tomadas de los frentes indican una desviación radical de la información de la perforación y asegurar el volumen de mineral en otro frente con la calidad requerida.

#### **4.7 Régimen de los trabajos y plazo de explotación de I Sector 10**

El régimen de trabajo en el yacimiento es continuo, o sea no están definidos los días laborables en cada mes, de acuerdo a la experiencia en años anteriores, por lo que el programa de producción admite solamente hasta 40 días improductivos al año, provocados por intensas lluvias que ocurren en la etapa invernal, en este periodo de tiempo los trabajadores son asignados a tareas de apoyo, al restablecimiento posterior de las actividades mineras, la actividad que más se afecta resulta ser la de escombreo, la cual incorpora todos sus trabajadores al apoyo en la extracción.

Teniendo en cuenta las ventajas que este régimen presenta y los magníficos resultados que se han obtenido y además por las características específicas de la empresa minera, se ha adoptado que el régimen de trabajo actual es de 327 días de trabajo al año.

Para la etapa de explotación del **Sector 10**, debido a las reservas de mineral que posee, estas serán agotadas en un tiempo límite de 244 días de trabajo. Para completar los 327 días laborables se recomienda la búsqueda de nuevas áreas, para así cumplir con el plan de producción de la fábrica (34 000t).

#### **4.7.1 Planificación de los turnos de trabajo**

El programa de Operaciones mineras se basa dos turnos de 12 horas al día y durante 7 días de la semana, cada trabajador promedia alrededor de 42 horas de trabajo semanalmente en uno de los dos turnos. La Brigada de Construcción de caminos trabajará sobre la base de un turno de 12 horas, los 7 días de la semana, y Desarrollo Geológico laborará un turno de 8 horas por día, con descanso los fines de semana.

Cada trabajador de Operaciones tiene derecho a descansar en dos ocasiones del turno, una para merendar (15 minutos) y la otra para almorzar (1 hora).

El cambio de turno se realiza en 15 minutos y los operadores de equipos y choferes de tiro de mineral salientes entregarán los equipos personal y directamente en el área de trabajo.

#### **4.8 Volumen de los trabajos**

El ciclo de explotación se puede definir como una sucesión de operaciones básicas aplicadas, tanto al material estéril como al mineral, que garantiza la explotación planificada y segura del yacimiento, con la utilización más racional de sus reservas.

Según las condiciones del proyecto que se esté llevando a cabo, existirán o no otras operaciones auxiliares o de apoyo cuya misión será hacer que se cumplan con mayor eficiencia posible las operaciones básicas pertinentes, las cuales se enuncian a continuación: .

##### Fases básicas:

- 1º. Desbroce.
- 2º. Destape.

- 3º. Arranque y carga.
- 4º. Transporte.
- 5º. Formación de escombreras.

Como operaciones auxiliares tendremos: la construcción de caminos, drenajes, control de la erosión, etc.

*Análisis de cada fase básica:*

Desbroce.

Esta actividad consiste en arrancar y eliminar toda la superficie vegetal y maleza que cubren la capa ferruginosa, facilitando posteriormente los trabajos de destape. La capa vegetal tiene un grosor promedio de 0,3m. En los yacimientos lateríticos esta vegetación está representada por pinos Cubensis o pinos Mayarí y varios arbustos o hierbas que ocupan el espacio disponible entre los pinos.

Conjuntamente con el desbroce se realiza el arranque de la materia orgánica que se ubica en el depósito construido con este fin, cumpliendo con la legislación ambiental, para luego ser utilizado en las últimas fases de rehabilitación de zonas.

El desbroce se realiza con bulldozeros, que apilan la maleza en lugares donde no puedan obstruir los trabajos de destape, construcciones de caminos, etc. Esta operación se llevará a cabo con cierto adelanto respecto a la minería.

Destape del terreno.

Todo mineral que no cumpla las exigencias de la planta metalúrgica se considera escombros; su excavación, almacenamiento y transportación es inevitable en la minería, conlleva varios recursos e incrementa el negativo impacto ambiental.

Se puede decir que en cuanto al destape la planta metalúrgica, dentro de los parámetros tecnológicos y económicos, presenta índices específicos para el contenido de Fe, Ni y Co, la mena que no cumple con estos índices, se considera escombros y son llevados a la escombrera.

El destape consiste en arrancar la capa de los minerales lateríticos níquelíferos, los cuales son considerados fuera de balance por no cumplir con los requerimientos en cuanto al contenido de níquel. Esta operación se considera terminada una vez que llega a la cota del techo del mineral. Dicha operación se realizará con el mismo equipamiento que se utiliza para la minería

(retroexcavadora LIEBHERR, camiones VOLVO, bulldozer KOMATSU 56 D125 E-2 para trabajos auxiliares). La misma se iniciará un mes antes de iniciarse la extracción para una reserva de áreas listas a minar. El sistema de excavación es similar al empleado en la minería.

#### Arranque y carga.

Esta consiste en extraer del suelo natural el material (estéril o mineral) para su posterior transportación a la escombrera o a la planta de pulpa en dependencia del tipo de mena, las dos operaciones (arranque y carga) serán realizadas por retroexcavadoras de tipo LIEBHERR (modelo 984), estas cargan los camiones VOLVO BM A35C; también se contará de un bulldozer KOMATSU 56 D125 E-2 para amontonar el material.

El desarrollo de la minería en el sector, se realizará por frentes continuos a través de los bancos múltiples.

El método de carga más empleado será el de *arranque y carga inferior*, lo que permitirá una disminución sensible en la duración del ciclo de trabajo de ambos equipos y su operación se hace menos compleja. Esta se realizará con 90 grados, respecto al punto de extracción; en periodos de lluvia y durante la apertura de un nuevo frente se puede ejecutar carga a nivel de plataforma. El movimiento del transporte dentro de los límites del laboreo puede ser cerrado o continuo.

#### Transporte.

Esta es la actividad que posee en la actualidad una mayor repercusión económica sobre el ciclo de explotación, y que puede cifrarse entre el 40 y el 60% del costo total incluso de la inversión en equipos principales. Esta operación se basa en el traslado de los diferentes materiales hasta la planta de pulpa, en caso de mineral, o hasta la escombrera, en caso de estéril. La misma será realizada por camiones de tipo VOLVO BM (modelo A35C).

#### Formación de escombreras.

En el sector de explotación es necesario la construcción de una escombrera exterior y un depósito para suelo. El diseño de escombrera se realizara según tecnología recomendada por la firma de consultoría Knight Piésold.

Las escombreras deben tener volumen suficiente para albergar el estéril, encontrarse a una distancia racional del punto de destape, no situarlas sobre

mineral, esto en la medida de las posibilidades, y que cumplan con los requisitos de seguridad.

*Parámetros de la escombrera:*

1. Altura del banco o capa (3m)
2. Talud con pendiente (2:1=26.6°)
3. Bermas de 4m entre el borde superior de cada capa y con una pendiente hacia el interior de 0.5%

Las escombreras interiores formarán parte de lo que es la rehabilitación de las áreas minadas, y se formarán de manera similar que las exteriores, pero al final la superficie debe adoptar una forma muy parecida a la de la superficie del terreno original.

*Análisis de las operaciones auxiliares:*

Diseño y construcción de caminos.

El diseño y proyección de las trazas, por donde se moverán los equipos mineros, se realizarán apoyándose los especialistas en un moderno y potente software, nombrado CARTOMAP. Estas vías deben mantener el ritmo de transportación bajo condiciones seguras. Para ello deben cumplir las siguientes exigencias:

1. Firmeza.
2. Pendiente adecuada ( $i \leq 8\%$ ).
3. Anchura de la vía admisible ( $a \approx 12m$ ).
4. Curva: radios, peraltes y sobreebanco establecidos ( $r \geq 30m$ ).
5. Visibilidad en curvas y cambios de rasante.
6. Convexidad o bombeo.

Los dos primeros parámetros tienen que ver básicamente con el costo de transporte, pero también con la seguridad. La determinación de la pendiente óptima de una vía se realiza a partir de las curvas características de los vehículos, que consideran la velocidad y la capacidad de frenado. Los mejores rendimientos y costos conjuntamente con las condiciones de seguridad adecuadas, se obtienen con pendientes menores o iguales a 8%, con una resistencia a la rodadura normal.

Para la proyección de los caminos se tuvo en cuenta las características del medio de transporte y la distancia de seguridad entre estos. Esto conlleva a que el ancho proyectado sea de 12 metros.

La construcción de los caminos la ejecutará la brigada del mismo nombre. Para ello cuentan con obreros experimentados en dichas labores, al igual que con el equipamiento necesario y moderno (motoniveladora CHAMPION y cilindro compactador DYNAPAC, entre otros).

*Características del camino proyectado:*

- 1) Trabajos de corte: 155715 metros cúbicos de material.
- 2) Trabajos de relleno: 112399 metros cúbicos de material.
- 3) Longitud de 2200 metros, (este valor se refiere a la longitud del camino, desde que abandona el camino principal de Moa Oriental hasta el extremo superior, el este, del sector ;esta traza se unirá al camino principal del yacimiento, de 6.4Km, hasta la planta de pulpa).
- 4) Pendientes máximas de 8%.
- 5) Ancho de 12 metros(ver figura 1).

Cálculo del ancho del camino.

$$a \approx A * (0.5 + 1.5n)$$

$$a \approx 12m$$

Donde:

A - ancho total de la vía (m)..

a – ancho del vehículo (3.2m).

n – número de carriles deseados (2).

B – ancho inferior del drenaje (1m).

D – distancia entre el eje del drenaje y el borde del vial (2.1m).

x – espacio de seguridad entre vehículos (1.35m).

h – profundidad de drenaje (0.5m).

A<sub>1</sub> y A<sub>2</sub> – ancho de cada vía.

y – distancia entre el borde exterior del neumático y el borde del vial (0.7m).

Fig.1. Camino principal a utilizar durante la explotación.



### Drenaje.

Por el efecto desestabilizador que posee el agua, que es además el principal medio de transporte de la contaminación, se diseñará un sistema de drenaje eficaz que impedirá la entrada de agua superficial mediante canales dispuestos ladera arriba.

En la escombrera se desalojará el agua de lluvia caída sobre la misma, impidiendo acumulaciones e infiltraciones, lo cual se logrará dando una pendiente, plataforma y berma adecuadas. Todo el sistema de drenaje se dirigirá hacia las piscinas o lagunas de sedimentación que se construirán en los perímetros de las áreas minadas.

### Control de la erosión.

Para dar cumplimiento a esta importante operación se ejecuta la siembra de árboles, arbustos e hierbas (fundamentalmente flora autóctona de la zona) en las zonas minadas y escombreras.

## **4.9 Fundamentos del método de explotación seleccionado**

La característica del yacimiento Moa Oriental expuestas al principio de este trabajo no dejan otra opción que el método de explotación a seleccionar se el de Cielo Abierto. En este caso considerando la potencia de mineral del sector en cuestión, las características del equipamiento minero disponible, se decidió pasar de la minería tradicional a la minería por bancos múltiples, utilizada ya en los últimos tiempos en la Empresa Comandante Pedro Sotto Alba.

## **4.10 Apertura del sector**

La apertura de campo de mina se entiende por el laboreo de las excavaciones mineras que permiten el acceso del transporte desde las superficie de la tierra, o desde la plazoleta industrial de la mina hasta el yacimiento, o desde cualquier parte ya explotada hasta otro sector sin explotar y que garantice la preparación del frente de trabajo. El método de apertura se encuentra estrechamente vinculado con el sistema de explotación, con el tipo de transporte, condiciones de yacencia del cuerpo mineral y el régimen de trabajo.

*“ Los parámetros básicos de una trinchera (largo, anchura del fondo, pendiente, ángulo del talud de los bordes) dependen de la misión asignada a las mismas, el equipo excavador, la profundidad del nivel a destapar y las propiedades físico-mecánicas de las rocas ”. [ ]*

La apertura del sector se efectuará mediante un sistema de trincheras interiores y exteriores longitudinales temporales de unos 20-30m de longitud, que permite la comunicación entre bancos, con una pendiente de 8%, adecuada para los camiones articulados. Luego serán ampliadas paulatinamente hasta quedar expuesto o creado un nuevo frente. Los trabajos de apertura se efectuarán en la parte superior (este) del sector.

La similitud del ángulo de inclinación del cuerpo mineral y el correspondiente a la superficie del terreno natural permite la apertura, desde cualquier horizonte o por varios a la vez, y desarrollarlos de arriba a abajo, y viceversa.

#### **4.11 Parámetros de diseño de la mina**

El procedimiento para realizar la explotación queda definido por la aplicación de los parámetros o criterios de diseño de la excavación, que permite alcanzar las producciones programadas, de la forma más económica posible y en condiciones de seguridad, y evaluar en la etapa inicial las reservas minables.

Parámetros geométricos que configuran el sistema de explotación:

##### Banco.

Es el escalón comprendido entre dos niveles que constituyen la capa que se explota (estéril o mineral) y que es el objeto de excavación desde un punto de espacio hasta una posición final pre-establecida. Los bancos serán divididos en bloque para su explotación de 8x8 m (ancho y largo).

##### Altura del banco.

Es la distancia vertical entre dos niveles, la misma se establece a partir de las dimensiones de los equipos de excavación carga, las propiedades físico-mecánicas de la mena, las condiciones de yacencia, la cantidad de horizontes de trabajo simultáneos, y fundamentalmente la altura máxima que alcanza el cubo o cuchara de la retroexcavadora. En este caso, se tiene en cuenta la potencia, el banco tendrá una altura de tres metros, a pesar de que el alcance

máximo de la retro es de 5 metros, tomamos la de 3 metros por la inestabilidad del macizo, y por las ventajas que nos ofrece tales como:

- Mejores condiciones de seguridad durante los trabajos debido al incremento de la estabilidad del banco.
- Mejores condiciones de seguridad para el personal y para las máquinas pues el alcance de la retro permite un mejor saneo del frente así como mejores condiciones durante las operaciones de arranque y carga inferior.
- Mayor rapidez en la ejecución de las trincheras de acceso y en la preparación de nuevos horizontes y permite una disminución del volumen de trabajos de la misma.
- Mejores condiciones durante los trabajos de rehabilitación de las zonas minadas.

#### Ancho de la plazoleta de trabajo.

Se considera la suma de los espacios necesarios para el movimiento de los equipos que trabajan simultáneamente en el banco. Cuando la carga se realiza desde el banco superior, el ancho mínimo de la plataforma es de 12 metros. En nuestro caso con 25 o 30 metros son suficientes.

### **4.12 Cálculo de las productividades de los equipos**

En la selección de todo equipo minero uno de los puntos clave es el rendimiento de la máquina. Esto se refleja en los valores de sus diferentes productividades; una máquina de una elevada performance es, sin dudas, una opción inteligente, siempre a tener en cuenta.

En este epígrafe se calcularán las productividades de los equipos que intervienen en la explotación minera del Sector 10.

#### **4.12.1 Equipamiento para el desbroce. Cálculo de sus parámetros**

Para esta fase se usará como equipamiento el bulldozer *Komatsu 56 D125 E-2*, el cual presenta las características técnicas siguientes:

##### Dimensiones:

- Largo: 6060 mm.
- Ancho: 3500 mm.
- Potencia: 225 HP/2000 r.p.m.
- Largo de la cuchilla: 4365 mm.

➤ Alto de la cuchilla: 1210 mm.

***Duración del ciclo de trabajo.***

$$T_c = \frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} + \frac{L_1 + L_2}{V_3} + T_m + T_{ma}$$

$$T_c = 122 \text{seg}$$

Donde:

L<sub>1</sub>-distancia recorrida durante el corte (10 m)

L<sub>2</sub>-distancia a que se traslada en el terreno (50m)

V<sub>1</sub>-velocidad durante el corte (0.75 m/seg)

V<sub>2</sub>-velocidad durante el traslado de material (0.9 m/seg)

V<sub>3</sub>-velocidad de marcha en vacío (1.2 m/seg)

T<sub>n</sub>-tiempo de cambio de velocidad (2 seg)

T<sub>ma</sub>-tiempo de maniobra (0.45 seg)

***Cálculo del coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de material durante el traslado del mismo.***

$$K_n = 1 - L_2 * J^3$$

$$K_n = 1 - 80 * (0.06)^3$$

$$K_n = 0.98$$

Donde:

J- Coeficiente de corrección (0.06-0.1).

***Ancho del prisma del material a trasladar.***

$$a = \frac{h}{\text{tg} \beta}$$

$$a = \frac{1.21}{\text{tg} 30^\circ}$$

$$a = 2.1 \text{m}$$

***Volumen de material a desbrozar.***

$$V_{md} = A_{Sector10} * P_c$$

$$V_{md} = 38.9 * 10^4 * 0.3$$

$$V_{md} = 116700m^3$$

### **Productividad por hora.**

$$Q_h = \frac{Q_{Turno}}{D_T}$$

$$Q_h = \frac{1137}{12}$$

$$Q_{turno} = 95m^3 / hora$$

### **Productividad por turno.**

$$Q_{turn} = \frac{3600 * D_t * V * K_u}{T_c * K_e}$$

$$Q_{Turno} = \frac{3600 * 12 * 5.5 * 0.8}{122 * 1.37}$$

$$Q_{Turno} = 1137m^3$$

### **Productividad diaria.**

$$Q_{día} = Q_{Turno} * N_T$$

$$Q_{día} = 566.3 * 2$$

$$Q_{día} = 2274m^3 / día$$

### **Productividad mensual.**

$$Q_{mes} = Q_{día} * N_d$$

$$Q_{mes} = 68220m^3 / mes$$

### **Productividad durante la etapa de explotación del Sector10 en el desbroce.**

$$Q_{Sector10} = Q_{día} * R_{Sector10}$$

$$Q_{Sector10} = 2274 * 244$$

$$Q_{fSector10} = 554856m^3 / Sector10.$$

donde:

$$R = 244días \quad \text{Días laborales para el Sector 10.}$$

### Número de bulldozers en el desbroce.

$$N_{bdesbroce} = \frac{V_{md}}{Q_{mes}}$$

$$N_{bdesbroce} = \frac{116700}{68220}$$

$$N_{bdesbroce} = 2 \text{ bulldozers}$$

Donde:

$A_{fase} = 38.9ha$  Área de la fase a desbrozar.

$P_c = 0.3m$  Potencia promedio de la capa a desbrozar.

$Q_{mes} = 68220m^3 / mes$  Productividad mensual del bulldozer [desbroce(estéril)].

### 4.12.2 Equipamiento utilizado durante el destape. Cálculo de sus parámetros

Se opera con el equipamiento siguiente:

1. Retroexcavadora LIEBHEER 984.
2. Bulldozer KOMATSU 56 D125 E-2.
3. Camión articulado VOLVO A35C.

Análisis del equipamiento:

1. Retroexcavadora LIEBHEER 984.

Presenta las especificaciones técnicas que se facilitan a continuación:

- Volumen del cubo,  $V_c = 6m^3$
- Duración del ciclo de trabajo,  $T_c = 40seg.$
- Longitud de la pluma,  $L_p = 8000mm.$
- Ancho del cubo,  $A_c = 2600mm.$
- Alcance máximo durante el ataque,  $5m.$
- Aprovechamiento de la jornada laboral,  $K_{uj} = 0.82.$
- Utilización del parque,  $K_{up} = 1.$

- Coeficiente de llenado,  $K_{ll} = 0.95$ .
- Disponibilidad del equipamiento,  $D = 0.9$ .

**Capacidad real volumétrica del cubo.**

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

$$Q_{rexc} = 5.7m^3.$$

**Densidad del material suelto o esponjado.**

$$\gamma_s = \frac{\gamma}{K_e} = \frac{1.05}{1.37}$$

$$\gamma_s = 0.766t / m^3.$$

**Capacidad real de carga del cubo.**

$$Q_{rcexc} = Q_{rexc} * \gamma_s = 5.7 * 0.766$$

$$Q_{rcexc} = 4.37t.$$

**Cantidad de cubos por camión, en cuanto al volumen.**

$$N_{cv} = \frac{q_c}{Q_{rexc}} = \frac{19}{5.7}$$

$$N_{cv} = 3.33$$

$$N_{cv} = 3cubos$$

**Cantidad de cubos por camión, en cuanto a la masa.**

$$N_{cm} = \frac{q_{cc}}{Q_{rcexc}} = \frac{32}{4.37}$$

$$N_{cm} = 7.32$$

$$N_{cm} = 7cubos.$$

donde:

$q_q = 19m^3$ . Capacidad volumétrica del camión.

$q_{cc} = 32ton$ . Capacidad de carga del camión.

Debido a la baja densidad del mineral, se opta por considerar la cantidad de cubos en relación a la capacidad volumétrica del camión, por lo que **el número de cubos final es de 3.**

**Determinación de la eficiencia y disponibilidad de la combinación excavadora-camión.**

$$E_{fb} = F_e * E_{fop} * D_{mec} * E_{fcb}$$

$$E_{fb} = 0.85 * 0.95 * 0.93 * 0.9$$

$$E_{fb} = 67.6\%$$

donde:

$$F_e = 0.85 \text{ Factor de eficiencia (50 min)}$$

$$E_{fop} = 0.95 \text{ Coeficiente que tiene en cuenta la eficiencia del operador.}$$

$$D_{mec} = 0.93. \text{ Coeficiente que tiene en cuenta la disponibilidad mecánica.}$$

$$E_{fcb} = 0.9. \text{ Coeficiente que tiene en cuenta el tráfico de los camiones (5 min.).}$$

**Productividad horaria de la excavadora.**

$$Q_h = \frac{3600 * V_c * D * K_{uj} * K_{up}}{T_c * K_e}$$

$$Q_h = \frac{3600 * 5.7 * 0.82 * 0.9 * 1}{40 * 1.37}$$

$$Q_h = 276m^3 / hora$$

**Productividad por turno.**

$$Q_t = 12 * Q_{exc}$$

$$Q_t = 3312m^3 / Turno$$

**Productividad diaria.**

$$Q_{día} = Q_t * N_t$$

$$Q_{día} = 6624m^3 / día$$

**Productividad de la excavadora durante la etapa de explotación del Sector 10 en el destape.**

$$Q_{Sector10} = Q_{día} * R_{Sector10}$$

$$Q_{Sector10} = 1616256m^3$$

donde:

$$K_{ll} = 0.9 \text{ Coeficiente de llenado.}$$

$\gamma = 1.05t / m^3 /$ . Masa volumétrica del mineral seco.

$K_e = 1.37$ . Coeficiente de esponjamiento.

$R = 244$ . Días laborables en la explotación del Sector 10.

### **Cantidad de excavadoras necesarias para el destape.**

$$N_{exc(destape)} = \frac{V_{estéril}}{Q_{Sector10}}$$

$$N_{exc(destape)} = \frac{562650}{1616256}$$

$$N_{exc(destape)} = 1$$

$V_{estéril} = 562650m^3$  Volumen del estéril a mover durante la explotación del Sector 10.

### 2. Bulldozer KOMATSU 56 D125 E-2

#### **Duración del ciclo de trabajo.**

$$T_c = \frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} + \frac{L_1 + L_2}{V_3} + T_m + T_{ma}$$

$$T_c = 72seg$$

Donde:

$L_1$ -distancia recorrida durante el corte (5 m)

$L_2$ -distancia a que se traslada en el terreno (30 m)

$V_1$ -velocidad durante el corte (0.75 m/seg)

$V_2$ -velocidad durante el traslado de material (0.9 m/seg)

$V_3$ -velocidad de marcha en vacío (1.2 m/seg)

$T_n$ -tiempo de cambio de velocidad (2 seg)

$T_{ma}$ -tiempo de maniobra (0.45 seg)

#### **Cálculo del coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de material durante el traslado del mismo.**

$$K_n = 1 - L_2 * J^3$$

$$K_n = 1 - 80 * (0.06)^3$$

$$K_n = 0.98$$

Donde:

J- Coeficiente de corrección (0.06-0.1)

**Ancho del prisma del material a trasladar.**

$$a = \frac{h}{\operatorname{tg} \beta}$$

$$a = \frac{1.21}{\operatorname{tg} 30^\circ}$$

$$a = 2.1m$$

**Productividad por hora.**

$$Q_h = \frac{Q_{\text{Turno}}}{D_T}$$

$$Q_h = \frac{1927}{12}$$

$$Q_{\text{turno}} = 161m^3 / \text{hora}$$

**Productividad por turno.**

$$Q_{\text{turno}} = \frac{3600 * D_t * V * K_u}{T_c * K_e}$$

$$Q_{\text{Turno}} = \frac{3600 * 12 * 5.5 * 0.8}{725 * 1.37}$$

$$Q_{\text{Turno}} = 1927m^3$$

**Productividad diaria.**

$$Q_{\text{día}} = Q_{\text{Turno}} * N_T$$

$$Q_{\text{día}} = 1927 * 2$$

$$Q_{\text{día}} = 3854m^3 / \text{día}$$

**Productividad mensual.**

$$Q_{\text{mes}} = Q_{\text{día}} * N_d$$

$$Q_{\text{mes}} = 115620m^3 / \text{mes}$$

**Productividad durante la etapa de explotación del Sector 10 en el destape.**

$$Q_{Sector10} = Q_{día} * R_{Sector10}$$

$$Q_{Sector10} = 3854 * 244$$

$$Q_{Sector10} = 940376m^3 / Sector10.$$

donde:

$$R = 244días \text{ Días laborales para el Sector 10.}$$

**Cantidad de bulldozeros necesarios en el destape.**

Teniendo en cuenta que el bulldozer durante el destape de mineral sólo realiza funciones auxiliares, como la de amontonar parte del material que se dispersa por el suelo, para permitir la mejor operación de la retroexcavadora, prepara los accesos hasta el frente de la excavadora, etc. **se asume un (1) bulldozer.**

**3. Camión articulado VOLVO A35C.**

El escombro se evacuará a través de camiones VOLVO BM A35C, desde la zona de destape hasta la escombrera, a una distancia de 1.0Km.

*Características técnicas del camión:*

- Capacidad de carga: 32t.
- Volumen de la caja: 19m<sup>3</sup>.
- Tracción: 6x6
- Potencia del motor: 228Kw (306HP).
- Ángulo de basculación de la caja: 73<sup>0</sup>.
- Tara: 25000Kg.
- Coeficiente de tara: 0.8

Entre las ventajas figuran:

- Gran maniobrabilidad, facilitada por el sistema articulado.
- Posibilidad de vencer grandes pendientes.
- Excelente movilidad en el área de carga y descarga.
- Pocas exigencias de la vía.
- Posibilita la elevación de la productividad de los equipos de carga.
- Reducida presión sobre el terreno.
- Buena movilidad extravía, incluso en condiciones adversas.

- Apenas necesita ayudas de equipos de cadenas en el área de descarga.
- Potencia de frenado uniforme y aceptable, y no está sujeto a desgastes mecánicos, lo cual representa su alta economía

**Capacidad volumétrica real del camión.**

$$Q_{rv-cam} = Q_{rexc} * C_{cu}$$

$$Q_{rv-cam} = 5.7 * 3$$

$$Q_{rv-cam} = 17.1m^3$$

**Masa de mineral seca in situ en el camión.**

$$Q_{rc-cam} = Q_{rcexc} * C_{cu}$$

$$Q_{rc-cam} = 4.43 * 3$$

$$Q_{rc-cam} = 13.3t.$$

**Masa de mineral disgregado y húmedo en el camión.**

$$q = Q_{rc-cam} = q_{cus.h} * C_{cu}$$

$$q = 6.92 * 3$$

$$q = 20.8t.$$

donde:

$Q_{rexc} = 5.7m^3$ . Capacidad volumétrica del cubo de la retro.

$C_{cu} = 3$ . Cantidad asumida de cubos.

$Q_{rcexc} = 4.43t$ . Masa mineral, seco en banco, en el cubo.

$q_{cus.h} = 6.92t$ . Masa mineral, suelto y húmedo, en el camión.

**Tiempo de carga.**

$$t_{carga} = (N - 1) * \frac{t_c}{60}$$

$$t_{carga} = (3 - 1) * \frac{40}{60}$$

$$t_{carga} = 1.33 \text{ min}$$

**Tiempo de recorrido cargado.**

$$t_{rcc} = 60 \frac{L}{V_{cc}}$$

$$t_{rcc} = 60 \frac{1}{16}$$

$$t_{rcc} = 3.75 \text{ min}$$

**Tiempo de recorrido vacío.**

$$t_{rcv} = 60 * \frac{L}{V_{cv}}$$

$$t_{rcv} = 60 * \frac{1}{25}$$

$$t_{rcv} = 2.4 \text{ min}$$

**Tiempo de descarga.**

$$t_{desc} = 0.65 \text{ min}$$

**Tiempo de maniobra.**

$$t_{manio} = 1.5 \text{ min}$$

**Tiempo de ciclo del camión.**

$$t_{cc} = t_{carga} + t_{descar} + t_{rcc} + t_{rcv} + t_{mani} + t_{perd}$$

$$t_{cc} = 1.33 + 0.65 + 3.75 + 2.4 + 1.5 + 1$$

$$t_{cc} = 10.7 \text{ min}$$

**Productividad horaria del camión.**

$$Q_h = \frac{Q_T}{D_T}$$

$$Q_h = \frac{755.7}{12}$$

$$Q_h = 62.9 \text{ m}^3 / \text{hora}$$

### **Productividad del camión en el turno.**

$$Q_t = 60 * \frac{D_T}{t_{cc}} * q * K_d * K_{up}$$

$$Q_t = 60 * \frac{12}{10.7} * 12.48 * 0.9 * 1$$

$$Q_t = 755.7m^3 / Turno$$

### **Productividad diaria del camión.**

$$Q_{dia} = Q_t * N_T$$

$$Q_{dia} = 755.7 * 2$$

$$Q_{dia} = 1511.4m^3 / día$$

### **Productividad del camión en la fase.**

$$Q_{Sector10} = Q_{dia} * R_{Sector10}$$

$$Q_{Sector10} = 1511.4 * 243$$

$$Q_{Sector10} = 367270.2m^3 / Sector10.$$

### **Número de camiones.**

$$N_{cescombreo} = \frac{V_{esteril(Sector10)}}{Q_{Sector10}}$$

$$N_{cescombreo} = \frac{562649.8}{367270.2}$$

$$N_{cescombreo} = 1.53$$

$$N_{cescombreo} = 2camiones$$

### **4.12.3 Equipamiento empleado para el arranque. Cálculo de sus parámetros**

En esta fase se empleará:

1. Retroexcavadora LIEBHERR 984 (similar a la empleada en el destape).
2. Bulldozer KOMATSU 56 D125 E-2 (similar al empleado en el destape).
3. Camión articulado VOLVO A35C.

Análisis de cada equipo:

1. Retroexcavadora LIEBHERR 984.

**Capacidad real volumétrica del cubo.**

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

$$Q_{rexc} = 5.7m^3.$$

**Densidad del material suelto o esponjado.**

$$\gamma_s = \frac{\gamma}{K_e} = \frac{1.05}{1.35}$$

$$\gamma_s = 0.77t / m^3.$$

**Capacidad real de carga del cubo.**

$$Q_{rcexc} = Q_{rexc} * \gamma_s = 5.7 * 0.77$$

$$Q_{rcexc} = 4.39t.$$

**Cantidad de cubos por camión, en cuanto al volumen.**

$$N_{cv} = \frac{q_c}{Q_{rexc}} = \frac{21}{5.7}$$

$$N_{cv} = 3cubos.$$

**Cantidad de cubos por camión, en cuanto a la masa.**

$$N_{cm} = \frac{q_{cc}}{Q_{rcexc}} = \frac{32}{4.37}$$

$$N_{cm} = 7cubos.$$

donde:

$$q_q = 19m^3. \text{ Capacidad volumétrica del camión.}$$

$$q_{cc} = 32t. \text{ Capacidad de carga del camión.}$$

Debido a la baja densidad del mineral, se opta por considerar la cantidad de cubos en relación a la capacidad volumétrica del camión, por lo que **el número de cubos final es de 3.**

**Determinación de la eficiencia y disponibilidad de la combinación excavadora-camión.**

$$E_{fb} = F_e * E_{fop} * D_{mec} * E_{fcb}$$

$$E_{fb} = 0.85 * 0.95 * 0.93 * 0.9$$

$$E_{fb} = 67.6\%$$

donde:

$$F_e = 0.85 \text{ Factor de eficiencia (50 min.)}$$

$$E_{fop} = 0.95 \text{ Coeficiente que tiene en cuenta la eficiencia del operador}$$

$$D_{mec} = 0.93 \text{ Coeficiente que tiene en cuenta la disponibilidad mecánica}$$

$$E_{fcb} = 0.9 \text{ Coeficiente que tiene en cuenta el tráfico de los camiones (5 min.)}$$

**Productividad horaria de la excavadora.**

$$Q_{exc} = \frac{3600 * V_c * D * K_{ll} * K_{uj} * K_{up} * \gamma}{T_c * K_e}$$

$$Q_{exc} = \frac{3600 * 6 * 0.9 * 0.95 * 0.82 * 1 * 1.05}{40 * 1.35}$$

$$Q_{exc} = 294t / h$$

**Productividad por turno.**

$$Q_t = 12 * Q_{exc}$$

$$Q_t = 3532t / h$$

**Productividad diaria.**

$$Q_{día} = Q_t * N_t$$

$$Q_{día} = 7065t / día$$

**Productividad de la excavadora durante la etapa de explotación de la fase en la extracción.**

$$Q_{Sector10} = Q_{día} * R_{Sector10}$$

$$Q_{Sector10} = 1716795t / Sector10$$

donde:

$$K_{ll} = 0.9 \text{ Coeficiente de llenado}$$

$\gamma = 1.05t / m^3$  Masa volumétrica del mineral seco.

$K_e = 1.37$ . Coeficiente de esponjamiento.

$R = 244días$  Días laborables para la fase.

### **Cantidad de excavadoras necesarias para la extracción.**

$$N_{exc} = \frac{R_{Sector10}}{Q_{Sector10}} = \frac{1485212}{1716795}$$

$$N_{exc} = 1$$

donde:

$R_{Sector10} = 1485212t$ . Reservas de la fase en el Sector 10.

### **2. Bulldozer KOMATSU 56 D125 E-2.**

Es este bulldozer similar al empleado en las fases de desbroce y destape.

#### **Duración del ciclo de trabajo.**

$$T_c = \frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} + \frac{L_1 + L_2}{V_3} + T_m + T_{ma}$$

$$T_c = 72seg$$

Donde:

$L_1$ -distancia recorrida durante el corte (5 m)

$L_2$ -distancia a que se traslada en el terreno (30 m)

$V_1$ -velocidad durante el corte (0.75 m/seg)

$V_2$ -velocidad durante el traslado de material (0.9 m/seg)

$V_3$ -velocidad de marcha en vacío (1.2 m/seg)

$T_n$ -tiempo de cambio de velocidad (2 seg)

$T_{ma}$ -tiempo de maniobra (0.45 seg)

#### **Cálculo del coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de material durante el traslado del mismo.**

$$K_n = 1 - L_2 * J^3$$

$$K_n = 1 - 80 * (0.06)^3$$

$$K_n = 0.98$$

Donde:

J- Coeficiente de corrección (0.06-0.1)

**Ancho del prisma del material a trasladar.**

$$a = \frac{h}{\operatorname{tg} \beta}$$

$$a = \frac{1.21}{\operatorname{tg} 30^\circ}$$

$$a = 2.1m$$

**Volumen del material mullido trasladado en el montón.**

$$V = 0.5 * h^2 * L * \operatorname{ctg} \beta$$

$$V = 0.5 * (1.21)^2 * 4.37 * \operatorname{ctg} 30$$

$$V = 5.5m^3$$

Donde:

$h = 1.21m$  Altura de la cuchilla del bulldozer

$\beta = 30^\circ$  Ángulo del prisma de roca que se forma con la cuchilla

**Productividad horaria.**

$$Q_h = \frac{Q_T}{D_T}$$

$$Q_h = \frac{1956}{12}$$

$$Q_h = 163t / hora.$$

**Productividad por turno .**

$$Q_T = \frac{3600 * D_T * V * K_u}{T_c * K_e}$$

$$Q_T = \frac{3600 * 12 * 5.5 * 0.8}{72 * 1.35}$$

$$Q_T = 1956t / Turno.$$

Donde:

$D_T = 12horas$  Duración del turno.

$T_c = 72seg$  Tiempo de ciclo.

$K_u = 0.8$  Coeficiente de utilización del tiempo.

$L = 4.37m$  Largo de la hoja del bulldozer.

**Productividad diaria.**

$$Q_{día} = Q_{turno} * N_t$$

$$Q_{día} = 3912t / día.$$

**Productividad mensual.**

$$Q_{mes} = Q_{día} * 30$$

$$Q_{mes} = 117360t/mes.$$

**Productividad durante la etapa de explotación del Sector 10 en el arranque.**

$$Q_{Sector10} = Q_{día} * R_{Sector10}$$

$$Q_{Sector10} = 3912 * 244$$

$$Q_{Sector10} = 954528t/Sector10.$$

donde:

$$R_{Sector10} = 244. \text{ Días laborables para la etapa de explotación.}$$

**Cantidad de bulldozeros necesarios en la extracción.**

Teniendo en cuenta que el bulldozer durante el arranque de mineral sólo realiza funciones auxiliares, como la de amontonar parte del mineral que se dispersa por el suelo, para permitir la mejor operación de la retroexcavadora, prepara los accesos hasta el frente de la excavadora, etc. **se asume un (1) bulldozer.**

**3. Camión articulado VOLVO A35C.**

El mineral será transportado a través de camiones VOLVO BM A35C, desde la zona de trabajo hasta la planta de pulpa, a una distancia de 8.6Km. Este es el mismo tipo y modelo de camión del traslado del estéril.

Se eligió a estos camiones debido a las ventajas que han proporcionado durante la explotación de otros sectores del yacimiento, lo cual ha pesar de las difíciles condiciones minero-técnicas y geólogo-mineras, no merma en grado elevado la versatilidad y aceptable rendimiento del referido camión.

### **Capacidad volumétrica real del camión.**

$$Q_{rv-cam} = Q_{rexc} * C_{cu}$$

$$Q_{rv-cam} = 5.7 * 3$$

$$Q_{rv-cam} = 17.1m^3$$

### **Masa de mineral seca in situ en el camión.**

$$Q_{rc-cam} = Q_{rcexc} * C_{cu}$$

$$Q_{rc-cam} = 4.43 * 3$$

$$Q_{rc-cam} = 13.3t.$$

### **Masa de mineral disgregado y húmedo en el camión.**

$$q = Q_{rc-cam} = q_{cus.h} * C_{cu}$$

$$q = 6.92 * 3$$

$$q = 20.8t.$$

donde:

$Q_{rexc} = 5.7m^3$ . Capacidad volumétrica del cubo de la retro.

$C_{cu} = 3$ . Cantidad asumida de cubos.

$Q_{rcexc} = 4.43t$ . Masa mineral, seco en banco, en el cubo.

$q_{cus.h} = 6.92t$ . Masa mineral, suelto y húmedo, en el camión.

### **Tiempo de carga.**

$$t_{car} = (C_{cu} - 1) * \frac{t_{cexc}}{60}$$

$$t_{car} = (3 - 1) * \frac{40}{60}$$

$$t_{car} = 1.33 \text{ min}$$

### **Tiempo de recorrido cargado.**

$$t_{rc} = \frac{60 * L}{V_{cc}} \quad , \quad \text{para L de 8.6Km}$$

$$t_{rc1} = \frac{60 * L}{V_{cc}}$$

$$t_{rc1} = \frac{60 * 8.6}{20}$$

$$t_{rc1} = 25.8 \text{ min}$$

**Tiempo de recorrido vacío.**

$$t_{rv} = \frac{60 * L}{V_{rv}} \quad , \quad \text{para L de 8.6Km}$$

$$t_{rv} = \frac{60 * L}{V_{rv}}$$

$$t_{rv} = \frac{60 * 8.6}{25}$$

$$t_{rv} = 20.7 \text{ min}$$

**Tiempo de descarga.**

$$t_{des} = 0.65 \text{ min}$$

**Tiempo de maniobra.**

$$t_m = 1 \text{ min.}$$

**Tiempo de muestreo.**

$$t_{muestreo} = 0.5 \text{ min}$$

**Tiempo perdido en otras operaciones.**

$$t_{perd} = 1.5 \text{ min}$$

**Tiempo de limpieza de la volqueta.**

$$t_{des} = 0.62 \text{ min}$$

**Tiempo de ciclo.**

$$t_{cc} = t_{carga} + t_{desc} + t_{tc} + t_{rv} + t_m + t_p + t_{lv} + t_{muestreo}$$

$$t_{cc} = 1.33 + 0.65 + 25.8 + 20.7 + 1 + 1 + 0.62 + 0.5$$

$$t_{cc} = 51.6 \text{ min}$$

**Productividad por hora.**

$$Q_h = \frac{Q_T}{D_T}$$

$$Q_h = \frac{167}{12}$$

$$Q_h = 14t / \text{hora.}$$

**Productividad en el turno.**

$$Q_T = 60 * \frac{D_t}{t_{cc}} * q * K_d * K_{up}$$

$$Q_T = 60 * \frac{12}{51.6} * 13.29 * 0.9 * 1$$

$$Q_T = 167t / \text{Turno.}$$

**Productividad en el día.**

$$Q_d = C_T * Q_T$$

$$Q_d = 167 * 2$$

$$Q_d = 334t / \text{dia.}$$

**Productividad en el mes.**

$$Q_{mes} = Q_d * N_d$$

$$Q_{mes} = 10020t / \text{mes.}$$

**Productividad durante la etapa de explotación del Sector 10.**

$$Q_{Sector10} = Q_d * R_{Sector10}$$

$$Q_{Sector10} = 334 * 244$$

$$Q_{Sector10} = 81496t / \text{Sector10.}$$

$$R_{Sector10} = 244 \text{ Días laborables para la etapa de explotación del Sector 10.}$$

**Número de camiones en un día.**

$$N_c = \frac{P_{dfase}}{Q_d}$$

$$N_c = \frac{6100}{334}$$

$$N_c = 19 \text{ camiones.}$$

#### **Aprovechamiento del volumen.**

$$K_{uv} = \frac{Q_{rc}}{q_{cc}} = \frac{V_r}{V_n} = \frac{17.1}{21}$$

$$K_{uv} = 81.4\%$$

#### **Aprovechamiento de la capacidad de carga.**

$$K_{uc} = \frac{Q_{rv}}{q_c} = \frac{q_c}{C_{ca}} = \frac{20.76}{32}$$

$$K_{uc} = 65\%$$

### **4.13 Cálculo de la escombrera**

#### **Determinación de número de camiones que descargan en la escombrera en una hora.**

$$N_c = \frac{Q_{estéril} * F_n}{Q_{rc}}$$

$$N_c = \frac{97 * 1.05}{17.1}$$

$$N_c = 6 \text{ camiones / hora}$$

Donde:

$Q_{estéril} = 97m^3 / hora$  Productividad del estéril de la mina en una hora.

$F_n = 1.05$  Coeficiente que refleja la no uniformidad del trabajo en la mina:

(1.05-1.15)

$Q_{rc} = 17.1m^3$  Volumen real del camión.

#### **Número de camiones que pueden descargar simultáneamente en la escombrera.**

$$N_o = \frac{N_c * T_d}{60}$$

$$N_o = \frac{6 * 1.65}{60}$$

$$N_o = 0.17$$

$$N_o = 1 \text{ camión}$$

Donde:

$$T_d = 1.65 \text{ min} \quad \text{Tiempo de descarga y maniobra.}$$

**Cantidad de bulldozeros necesarios para la escombrera:** Para determinar la cantidad de bulldozeros necesarios para la escombrera se hace necesario determinar su productividad. Por lo que se halla el volumen de material en estado desbrozado y que es trasladado por el bulldozer *KOMATSU 56 D125 E-2*.

**El volumen de material en estado desbrozado y que es trasladado por el bulldozer.**

$$V_m = 0.5 * h^2 * L * \text{ctg} \beta$$

$$V_m = 0.5 * 1.21^2 * 4.37 * \text{ctg} 30$$

$$V_m = 5.5 \text{ m}^3$$

Donde:

$$L = 4.37 \text{ m} \quad \text{Longitud de la hoja del bulldozer.}$$

$$h = 1.21 \text{ m} \quad \text{Altura de la hoja del bulldozer.}$$

$$\beta = 30^\circ \quad \text{Ángulo que se forma entre las rocas y la cuchilla.}$$

Como el bulldozer en la escombrera realiza operaciones similares como cuando se labora en el destape, entonces se emplea los valores calculados en esta referida fase.

**Duración del ciclo de trabajo.**

$$T_c = \frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} + \frac{L_1 + L_2}{V_3} + T_m + T_{ma}$$

$$T_c = 72 \text{ seg}$$

Donde:

$$L_1 - \text{distancia recorrida durante el corte (5 m)}$$

$L_2$ -distancia a que se traslada en el terreno (30 m)

$V_1$ -velocidad durante el corte (0.75 m/seg)

$V_2$ -velocidad durante el traslado de material (0.9 m/seg)

$V_3$ -velocidad de marcha en vacío (1.2 m/seg)

$T_n$ -tiempo de cambio de velocidad (2 seg)

$T_{ma}$ -tiempo de maniobra (0.45 seg)

***Cálculo del coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de material durante el traslado del mismo.***

$$K_n = 1 - L_2 * J^3$$

$$K_n = 1 - 80 * (0.06)^3$$

$$K_n = 0.98$$

Donde:

J- Coeficiente de corrección (0.06-0.1)

***Ancho del prisma del material a trasladar.***

$$a = \frac{h}{\operatorname{tg} \beta}$$

$$a = \frac{1.21}{\operatorname{tg} 30^\circ}$$

$$a = 2.1m$$

***Productividad por hora.***

$$Q_h = \frac{Q_{\text{Turno}}}{D_T}$$

$$Q_h = \frac{1927}{12}$$

$$Q_{\text{turno}} = 161m^3 / \text{hora}$$

### **Productividad por turno.**

$$Q_{turn} = \frac{3600 * D_t * V * K_u}{T_c * K_e}$$
$$Q_{Turno} = \frac{3600 * 12 * 5.5 * 0.8}{725 * 1.37}$$
$$Q_{Turno} = 1927 m^3$$

### **Productividad diaria.**

$$Q_{día} = Q_{Turno} * N_T$$
$$Q_{día} = 1927 * 2$$
$$Q_{día} = 3854 m^3 / día$$

### **Productividad mensual.**

$$Q_{mes} = Q_{día} * N_d$$
$$Q_{mes} = 115620 m^3 / mes$$

### **Productividad durante la etapa de explotación del Sector 10 en el destape.**

$$Q_{Sector10} = Q_{día} * R_{Sector10}$$
$$Q_{Sector10} = 3854 * 244$$
$$Q_{Sector10} = 940376 m^3 / Sector10.$$

donde:

$$R = 244 días \quad \text{Días laborales para el Sector 10.}$$

### **Cantidad de bulldozeros necesarios en la escombrera, en función de la productividad del bulldozer durante la etapa de explotación del Sector10.**

$$N_b = \frac{V_{esteril(Sector10)}}{Q_{Sector10}}$$
$$N_b = \frac{562650}{940376}$$
$$N_b = 1 bulldozer.$$

donde:

$$V_{est(Sector10)} = 562650 m^3 \quad \text{Volumen de escombros para el Sector 10.}$$

$Q_{Sector10} = 940376m^3$  Productividad del bulldozer durante la etapa de la explotación del Sector 10.

Tabla 4.4 Productividades del bulldozer Komatsu 56 D125 E-2.

Fases básicas	Equipo	Prod. por hora.	Prod. por turno.	Prod. diaria.	Prod. Por mes	Prod. en la etapa.
Desbroce (m3)	Bulldozer	95	1137	2274	68220	554856
Destape (m3)	Bulldozer	161	1927	3854	115620	940376
Arranque(t)	Bulldozer	163	1956	3912	117360	954528

Tabla 4.5 Productividades del camión VOLVO A35C..

Fases básicas	Equipo	Prod. por hora.	Prod. por turno.	Prod. por día.	Prod. en el mes.	Prod. en la etapa.
Destape(m3)	Camión	62,9	755,7	1511,4	45342	368781.6
Arranque(t)	Camión	14	167	334	10020	81496

Tabla 4.6 Productividades de la retroexcavadora LIEBHERR 984.

Fases básicas	Equipo	Prod. por hora	Prod. por turno	Prod. por día.	Prod. por mes.	Prod. en la etapa.
Destape(m3)	Retro	276	3312	6624	198720	1616256
Arranque(t)	Retro	294	3532	7065	211950	1723860

### 5.1 Introducción.

El parámetro fundamental que indica la efectividad de cualquier operación minera que se ejecute es el costo de producción de una tonelada de mineral extraído. Para el éxito de cualquier empresa que se acometa la base de todo triunfo es la racionalidad en el arte de manejar el capital. El ingeniero debe tener esto siempre presente, y de seguro cosechará importantes triunfos.

### 5.2 Cálculos económicos.

Con vistas a obtener estos resultados se tienen en cuenta los gastos directos que se originan durante el desbroce, destape y arranque; así como los gastos surgidos por concepto de mantenimiento, reforestación, y los gastos indirectos incurridos durante la explotación de la fase.

#### 5.2.1 Gastos directos que se originan durante las labores de desbroce.

Los gastos directos que se originan durante el desbroce  $G_{d(desbroce)}$  están constituidos por la suma de los gastos por concepto de salario  $G_{s(desbroce)}$ , los gastos por concepto de depreciación de los equipos  $G_{e(desbroce)}$  y los gastos por concepto de combustibles  $G_{c(desbroce)}$ .

Tabla 5.1 Gastos por concepto de salario  $G_{s(desbroce)}$

Puesto de trabajo	Cantidad	Salario del mes per cápita (\$/mes)	Tiempo de trabajo(meses)	Salario total(\$)
Operador de bulldozer.	8	280	1	2240
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>280</b>	<b>1</b>	<b>2240</b>

Tabla 5.2 Gastos por concepto de depreciación de equipos  $G_{e(desbroce)}$

Equipo	Cantidad	Valor inicial por equipo (US\$)	Costo total (US\$)	Vida útil (años)	Depreciación total 20% (US\$/año)
Bulldozer	2	269316	538632	5	107726.4
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>269316</b>	<b>538632</b>	<b>5</b>	<b>107726.4</b>

Tabla 5.3 Gastos por concepto de consumo de combustible  $G_{c(desbroce)}$

Equipo	Can tidad	Consu mo por equipo (L/hora)	Horas trabajadas por equipo al año (L/año)	Total de horas trabajadas por año(h/año)	Total de combustible consumido al año (L/año)	Prec io del litro (US\$)	Costo total anual (US\$)
Bulldozer	2	26	700	1400	36400	0,3	16380
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>26</b>	<b>700</b>	<b>1400</b>	<b>364000</b>	<b>0,3</b>	<b>16380</b>

### Gastos directos durante el desbroce.

$$G_{d(desbroce)} = G_{s(desbroce)} + G_{e(desbroce)} + G_{c(desbroce)}$$

$$G_{d(desbroce)} = 2240 + 107726.4 + 10920$$

$$G_{d(desbroce)} = US\$120886.4$$

### 5.2.2 Gastos originados por la actividad de destape.

Los gastos directos producidos por dicha labor  $G_{d(destape)}$  están constituidos por la suma de los gastos por concepto de salario  $G_{s(destape)}$ , los gastos por concepto de depreciación de los equipos  $G_{e(destape)}$  y los gastos por concepto de combustibles  $G_{c(destape)}$ .

Tabla 5.4 Gastos por concepto de salario  $G_{s(destape)}$

<b>Puesto de trabajo.</b>	<b>Cantidad.</b>	<b>Salario mensual per cápita(\$)</b>	<b>Tiempo de trabajo(meses)</b>	<b>Salario total(\$)</b>
Chofer de camión.	8	340	9	24480
Operador de retroexcavadora.	4	340	9	12240
Operador de bulldozer	4	280	9	10080
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>1920</b>		<b>46800</b>

Tabla 5.5 Gastos por concepto de depreciación de equipos  $G_{s(destape)}$

<b>Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Valor inicial por equipo(US\$)</b>	<b>Costo total de equipos (US\$)</b>	<b>Vida útil (años)</b>	<b>Depreciación total 20% (US\$/año)</b>
Camión articulado BM VOLVO A35C	2	385260	770520	5	154104,0
Bulldozer	1	269315	269315	5	53863,0
Retroexcavadora	1	796864	796864	5	159372,8
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>1451439</b>			<b>367339,8</b>

Tabla 5.6 Gastos por concepto de combustible  $G_{c(destape)}$

<b>Equipo</b>	<b>Cant.</b>	<b>Consumo por hora del equipo (L/hora)</b>	<b>Total de horas trabajadas en la fase</b>	<b>Total de Diesel consumido (L/fase)</b>	<b>Precio del diesel (US\$/L)</b>	<b>Costo total (US\$)</b>
Camión articulado BM VOLVO A35C	2	30	4617	277020	0,3	83106,0
Bulldozer	1	26	2187	56862	0,3	17058,6

Retroexcavadora	1	56	2430	136080	0,3	40824,0
<b>Total</b>	<b>4</b>	<b>112</b>	<b>9234</b>	<b>469962</b>		<b>140988,6</b>

### Gastos directos durante el destape

$$G_{d(destape)} = G_{s(destape)} + G_{e(destape)} + G_{c(destape)}$$

$$G_{d(destape)} = 46800 + 367339,8 + 140988,6$$

$$G_{d(destape)} = US\$555128.4$$

### 5.2.3 Gastos originados por la actividad de arranque.

Los gastos directos producidos por dicha labor  $G_{d(arranque)}$  están constituidos por la suma de los gastos por concepto de salario  $G_{s(arranque)}$ , los gastos por concepto de depreciación de los equipos  $G_{e(arranque)}$  y los gastos por concepto de combustibles  $G_{c(arranque)}$ .

Tabla 5.7 Gastos por concepto de salario  $G_{s(arranque)}$

Puesto de trabajo	Cantidad	Salario mensual per cápita(\$)	Tiempo de trabajo (meses)	Salario total en la fase (\$)
Chofer de camión.	76	340	9	232560
Operador de retroexcavadora.	4	340	9	12240
Operador de bulldozer	4	280	9	12240
<b>Total</b>	<b>84</b>	<b>960</b>		<b>257040</b>

Tabla 5.8 Gastos por concepto de depreciación de equipos  $G_{e(arranque)}$

Equipo	Cantidad	Valor inicial(US\$)	Costo total de equipos (US\$)	Vida útil (años)	Depreciación 20% (US\$/año)
Camión articulado BM VOLVO A35C	19	385260	7319940	5	1463988
Bulldozer	1	269315	269315	5	53863
Retroexcavadora	1	796864	796864	5	159372,8
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>1451439</b>	<b>8386119</b>		<b>1677223,8</b>

Tabla 5.9 Gastos por concepto de combustible  $G_{c(arranque)}$

Equipo	Cant.	Consumo por hora del equipo (L/hora)	Total de horas trabajadas en la fase (h/fase)	Total de diesel consumido (L/fase)	Precio del diesel (US\$/L)	Costo total (US\$)
Camión articulado BM VOLVO A35C	19	30	4617	2216160	0,3	664848
Bulldozer	1	26	2187	56862	0,3	17058,6
Retroexcavadora	1	56	2430	136080	0,3	40824
<b>Total</b>	<b>21</b>	<b>112</b>				<b>722730.6</b>

#### Gastos directos durante el arranque.

$$G_{d(arranque)} = G_{s(arranque)} + G_{e(arranque)} + G_{c(arranque)}$$

$$G_{d(arranque)} = 257040 + 1446067.8 + 722730.6$$

$$G_{d(arranque)} = US\$2425'838.4$$

Vale destacar que en estos cálculos se utilizaron la depreciación y no la amortización de los equipos por ser este el índice que se usa en los cálculos económicos de la empresa Moa Nickel S.A, igualmente en dicha empresa la depreciación de un equipo es considerada en un 20% al año. Cabe señalar que los datos empleados son oficiales por lo que no se dan más detalles por limitantes de acceso a las fuentes de información, ya que se consideran clasificadas, acorde a la política de la empresa mixta.

#### **5.2.4 Gastos por concepto de mantenimiento.**

Estos gastos( $G_m$ ) se obtienen a raíz de la suma de los costos por hora de mantenimiento( $C_h$ ) multiplicado por la cantidad de horas de mantenimiento planificados durante el tiempo que se explotará los equipos que participan en las labores( $h_p$ ).

$$G_m = \sum (C_h * h_p)$$

$$G_m = US\$37800$$

Tabla 5.10 Gastos por concepto de mantenimiento.

Equipos	Cant.	Mantenimiento planificado por equipo (h/año)	Costo por hora (US\$/año)	Costo total de mantenimiento (US\$)
Camión articulado BM VOLVO A35C.	21	100	10	21000
Bulldozer.	5	250	9	11250
Retroexcavadora.	2	150	26	7800
<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>500</b>	<b>45</b>	<b>40050</b>

#### **5.2.5 Gastos directos generales.**

$$G_{dg} = G_{d(desbroce)} + G_{d(destape)} + G_{d(arranque)} + G_m$$

$$G_{dg} = 120886.4 + 555128.4 + 2425838.4 + 37800$$

$$G_{dg} = US\$2584524.8$$

### **5.2.6 Gastos indirectos u otros.**

$$G_{ind} = (G_{dg} * 0.06) + G_r$$

$$G_{ind} = US\$615487.2$$

$G_r$  es Gastos por reforestación.

Estos valores se obtienen a partir del momento en que se invierte en la reforestación 0.31 por tonelada de mineral extraído. Esto está acorde a las reglamentaciones y política de la empresa, que emplean la referida tarifa.

$$G_r = 0.31 * R_{Sector10}$$

$$G_r = 0.31 * 1485212$$

$$G_r = US\$4600415,7$$

### **5.2.7 Gastos totales.**

$$G_{totales} = G_{gd} + G_{ind}$$

$$G_{totales} = 2584524.8 + 615487.2$$

$$G_{totales} = US\$3200012$$

### **5.2.8 Costo de producción por tonelada de mineral extraído.**

$$C_{prd} = \frac{G_{total}}{R_{fase}}$$

$$C_{prd} = \frac{3200012}{1485212}$$

$$C_{prd} = 2,15US\$/t$$

Este valor debido a los precios del níquel en el mercado mundial, le permite a la Empresa obtener cuantiosas ganancias. O sea , la inversión es económicamente rentable.

### **6.1 Introducción**

El objetivo fundamental de una evaluación del impacto ambiental es cumplir con el papel de diagnosticar o predecir la evaluación del medio, constituyendo una variable inicial, a contemplar desde la fase de toma de decisiones de una acción con posibilidades de ejecución.

La minería es la actividad industrial básica dedicada a la obtención de georecursos para satisfacer así la creciente demanda humana. De materias primas. La conciencia que se tiene hoy de la limitación de los recursos naturales, así como los diversos elementos que constituyen los ecosistemas que nos rodean, obliga a ejercitar las capacidades inventivas y creativas para solucionar los problemas de los pedidos de materias primas minerales, en claro equilibrio con la conservación de la naturaleza, permitiendo así salvaguardar el patrimonio que representa el medio y los recursos naturales para poder legarlo a generaciones posteriores.

### **6.2 Alteraciones ambientales producto por la explotación del Sector 10 del yacimiento Moa Oriental**

Casi toda actividad humana es en menor o mayor grado agresiva para el medio ambiente, y las actividades mineras revisten especial interés ya que luego de realizarse la extracción de los recursos minerales, sino existe una rehabilitación de los terrenos lacerados, la degradación deja sin posibilidades reales de aprovechamiento; el carácter y magnitud de la contaminación de los focos en la zona es variable, este medio circundante se encontrará afectado una vez culminados los trabajos mineros. El área será denudada y eliminada parcialmente la capa vegetal, a consecuencia de la explotación a cielo abierto empleado, a la hora de seleccionar el mineral aprovechable se deposita el estéril en la zona prevista de la escombrera, la que es afectada por la erosión, ya sea eólica o por la acción del agua.

Desde la década del 40 se han venido explotando los yacimientos de la empresa Pedro Soto Alba acumulando una cantidad considerable de hectáreas que han sido minadas y no se han rehabilitado, esto aparte de las afectaciones que provoca al medio ambiente, trae pérdidas significativas para la empresa

por los impuestos que debe pagar por la utilización d estas áreas. En la Tabla 6.1 se exponen la totalidad de las áreas afectadas por la minería y que no se han rehabilitado, por las cuales, por cada hectárea se están pagando 10 dólares por mes.

Tabla 6.1 Total de áreas devastadas por la minería, sin rehabilitación(hasta el 2002).

Yacimiento	Total general (ha)	Gastos por cannon (\$)
Yamanigüey	35.12	351.2
Zona Sur	54.36	543.6
Zona Ponóstico	111.46	1114.6
Atlantic	103.04	1030.4
Zona A	49.91	499.1
Moa Oriental	25.36	253.6
<b>Total</b>	<b>379.23</b>	<b>3792.3</b>

La explotación del Sector 10 desde el punto de vista genérico causará una serie de pérdidas y alteraciones a los fundamentales recursos naturales de la zona.

#### ✓ Paisaje

La explotación minera causará:

Modificación de la estructura visual del paisaje por la alteración de sus elementos y sus componentes básicos. Esto supone, unido a la introducción de los elementos artificiales discordantes con el entorno, una disminución de la calidad paisajista de la zona.

Modificación y homogeneización de la textura por la eliminación de la vegetación en toda el área de la fase, y contraste cromático muy llamativo dentro del entorno de la explotación.

La apertura de los huecos y la creación de frentes de extracción supone la eliminación de la morfología natural, que es el elemento soporte sobre el que descansa el reto de los elementos del paisaje.

Las escombreras introducen un fuerte contraste discordante en forma y línea (son elementos geométricos artificiales, de gran volumen en lo que dominan las

líneas horizontales y los ángulos rectos), y color (contraste cromático entre el escombros y la vegetación del entorno), que hacen que resalten desfavorablemente en la armonía del paisaje.

A pesar de este tipo de impacto tan común a casi todas las explotaciones mineras, en este caso a consecuencia de la cercanía de los núcleos poblacionales y carreteras, las hace más grave por el mayor número de observadores, ya que el receptor del impacto paisajista es el hombre. Por lo que se concluye que las fuentes principales del deterioro ambiental son los frentes de extracción y las escombreras.

✓ **Suelo.**

La eliminación directa del suelo, su ocupación por la creación de escombreras y la introducción de efectos negativos edáficos (compactación, erosión, acumulación de finos, polvos) suponen la pérdida irreversible de recursos naturales de gran valor y de muy difícil restauración.

✓ **Vegetación.**

Eliminación total o reducción directa o indirecta de la cubierta vegetal. El rigor de la alteración será distinto según el tipo de vegetación (supone una pérdida mayor eliminar un árbol autóctono, sano, que una la repoblación de un pastizal) y la superficie dañada. La eliminación de la vegetación repercute sobre la fauna, los procesos ecológicos, el paisaje y la población humana.

✓ **Red de drenaje.**

Alteración permanente de los drenajes superficiales a través de la contaminación de las aguas por residuos sólidos y líquidos,

Aumenta el nivel de sedimentos,

Alteración del nivel freático.

Disminución en el caudal de los arroyos y ríos, lo que trae consigo trastornos en la flora y fauna.

✓ **Atmósfera.**

Disminución de la calidad del aire, originada principalmente por las emisiones de polvo y gases generados por las labores de apertura, arranque, creación de escombreras, el tráfico y la no menos importante, construcción de caminos. Indirectamente todas estas emisiones de polvo afectan a las plantas las cuales se ven imposibilitadas de realizar sus funciones metabólicas normales.

Una de las fuentes de deflación y contaminación del aire la constituye la red vial diseminada por todo el yacimiento, debido al intenso tráfico y a la acción del viento en tiempos de seca.

### **6.3 Medidas preventivas y correctoras para minimizar el impacto ambiental surgido**

- a) Tratar que la explotación de la fase permita el menor impacto visual durante la explotación, mediante la introducción de la vegetación, el remodelado de la forma del terreno y la construcción de pantallas visuales de ocultación (creación de franjas defensivas de bosques).
- b) Acopio de suelo fértil antes de comenzar la explotación (medida preventiva) y la aplicación de fertilizantes al material de relleno y de la escombrera (medida correctora). Esto puede ser una buena alternativa por la pérdida de suelos, pero nunca será el terreno rehabilitado como su antecesor.
- c) La conformación de un sistema de terrazas para disminuir la erosión y permitir la instalación de una cobertura herbácea que favorezca el progreso de la vegetación.
- d) El riego de los caminos de acopio del mineral.
- e) La construcción de cunetas de diversión-colección y lagunas de sedimentación en los perímetros de las áreas mineras, y que deben ser mantenidas hasta el total cumplimiento de la rehabilitación (medidas a largo plazo).
- f) Las medidas a largo plazo como la sedimentación de cuencas río abajo debe ser sacada de servicio después de establecer la vegetación en superficies recuperadas y después de tener el terreno en condiciones pre-minadas.
- g) La atmósfera se purifica de modo natural mediante la sedimentación del polvo, el lavado del aire o en las gotas de lluvias, la disolución de algunos gases y partículas sólidas en las gotas de agua.
- h) En los caminos la disminución del polvo es menor cuando la vía está cubierta con una placa de tierra. Si lo está por una placa de hormigón la concentración de polvo en el aire es de 30-100ml/m<sup>3</sup> y cuando es

natural oscila entre 150-350ml/m<sup>3</sup>, obligando a la búsqueda de sustancias que enlacen las partículas de polvo.

- i) Para disminuir la cantidad de polvo en los caminos se pueden emplear los siguientes métodos:
- j) El riego con soluciones de sales higroscópicas (de calcio y magnesio).
- k) La aplicación en la propia cobertura sólida de sustancias como el cloruro de calcio.
- l) Riego de agua (la efectividad del método dura entre 30-120min en días de temperaturas altas)

Para el desarrollo íntegro de las áreas afectadas resulta ventajoso el sistema de terrazas, especialmente para zonas con pendientes superiores al 20%, lo que aplicado con el avance de la minería permitirá el ahorro de tiempo y dinero, para una posterior dedicación forestal una vez concluida la minería de la fase.

Este sistema permite una rehabilitación de los suelos degradados por la minería, debido a que controla el escurrimiento superficial y controla la erosión de forma efectiva. Para la rehabilitación de las regiones se debe tener en cuenta la selección de las especies, teniendo en consideración lo siguiente:

Resistencias a plagas, adaptación a los cambios y variaciones existentes en el medio, formación de suelos y que fuesen autóctonas.

Para la rehabilitación del paisaje se deben sembrar, por todos los extremos de las áreas minadas, árboles altos (casuarinas, pino Cubensis), los cuales por su elevada talla realizan el papel de pantalla visual de ocultación.

Al concluir los trabajos de reforestación se verifica periódicamente las zonas tratadas, velando así que todo vaya según los planes previstos.

Para la realización de los trabajos de cierre parciales de mina por sectores se empleará la metodología propuesta [ ]

#### **6.4 Drenaje y Control de erosión y sedimentación**

Debido a la irregular topografía que presenta el yacimiento Moa Oriental, a la intensidad de las lluvias en esta zona y a la gran superficie de terreno que será dañada por la minería podemos afirmar que existe una elevada potencialidad de arrastre de sedimentos y erosión en esta zona para los próximos años.

- a) Por ese motivo la Compañía canadiense Knight Piésold diseñó el Plan de Control de Sedimentos y Erosión (PCSE) para el yacimiento Moa Oriental con los siguientes objetivos:
- b) Minimizar la carga de sedimentos desde las operaciones mineras al ambiente.

- c) Integración del PCSE con las operaciones mineras para mantener la eficiencia en la producción.
- d) Reducir el mantenimiento de la infraestructura minera mediante el control de erosión.
- e) Establecimiento de superficies rehabilitadas estabilizadas y protegidas que requieran el mínimo o ningún mantenimiento.
- f) Utilización de materiales locales en el diseño y construcción.
- g) Implementación de soluciones de costo efectivas.

*Para la realización del diseño se contó con las informaciones necesarias, entre ellas:*

- a) Hidrología – para determinar el diseño de los flujos.
- b) Topografía – para determinar las áreas de recolección de agua y localización de los componentes del PCSE.
- c) Suelos – para determinar los requerimientos de control de erosión y sedimentación.
- d) Vegetación - para la rehabilitación a largo plazo.
- e) Plan de Minería - entender los cambios del paisaje ocasionados por las operaciones mineras.
- f) Control de Sedimentación:
- g) Eliminación de partículas mayores de 0.02 mm.
- h) Medidas a corto plazo (6-12 meses de vida para el período operacional):
- i) Tormentas de 1 en 5 años para el control de sedimentos.
- j) Tormentas de 1 en 50 años para la capacidad del aliviadero.

#### *Lineamientos del PCSE.*

Las medidas de PCSE se deben diseñar y construir progresivamente para cada fase de minería.

- k) Las medidas a largo plazo como cunetas de diversión / colección y lagunas de sedimentación se deben construir en el perímetro de las áreas mineras y su duración debe abarcar todo el plazo de la rehabilitación. Medidas a largo plazo (< 10 años para el período de rehabilitación):
- l) Tormentas de 1 en 10 años para el control de sedimentos.

Las medidas a corto plazo se emplearán en las áreas mineras activas para ayudar a minimizar la erosión y sedimentos que van a las lagunas de sedimentación.

A grandes rasgos el plan consiste en el diseño y ejecución de lagunas de sedimentación en los límites exteriores de la zona de minería y diseño de las escombreras con parámetros óptimos desde el punto de vista antierosivo incluyendo las lagunas de sedimentación en sus límites.

## **6.5 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, que se plasman a continuación:

Instrucción de seguridad para el puesto de trabajo del operador.

El operador debe tener los conocimientos básicos acerca de los trabajos a realizar, para esto deben haber recibido las instrucciones generales del trabajo.

### **6.5.1 Requisitos en el puesto de trabajo**

#### Operador de bulldozer.

Antes de iniciar el trabajo:

- a) Debe realizar una inspección visual del equipo para asegurarse de las condiciones del mismo.
- b) Comprobar el sistema hidráulico, luces de trabajo, frenos, etc.
- c) Recibir una explicación real del operador que sale, acerca del comportamiento de la máquina.

Luego:

- a) Realizar una entrega correcta del equipo al operador que lo recibe.
- b) Poner en aviso cualquier hecho de relevancia durante el turno y que pueda repetirse en el siguiente.
- c) Dejar a la máquina limpia y organizada.

#### Operador del camión articulado VOLVO BM A35C.

Antes de iniciar las labores:

- a) Comprobar el estado de los sistemas de frenado, dirección, juegos de luces y relojes.
- b) Estado del frente de trabajo.
- c) Limpieza del puesto de trabajo.

Durante las operaciones de trabajo:

- a) No posesionarse dentro del radio de acción de la máquina retroexcavadora.
- b) Lograr mayor horizontalidad del camión a la hora de ejecutar la carga.
- c) Circular con las velocidades establecidas.
- d) No adelantar ni transitar paralelo a otro vehículo.
- e) No depositar la carga directamente contra el talud de las escombreras o contra el borde del nivel inferior.

- f) No circular siempre por las mismas marcas dejadas por ese u otro camión, para evitar las zanjas.

Operador de la retroexcavadora LIEBHERR 984.

Antes del trabajo:

- a) Idem al anterior.

Durante el trabajo:

- a) Las maniobras de retroceso se realizarán con especial cuidado, apoyándose el operador en los espejos retrovisores.
- b) Al detenerse el equipo, el cubo debe estar apoyado en el suelo.
- c) No esperar por el próximo camión con el cubo en alto.
- d) Asegurarse que el material se expanda por toda la caja del camión.

Al finalizar las labores:

- a) Idem al anterior.

Terminada la explotación de una zona se procede a evaluar los daños causados al medio ambiente y se definen los planes de rehabilitación de la zona. Para ello se analiza cual será la nueva superficie topográfica; se definirán fundamentalmente los depósitos de agua y los terrenos a reforestar siendo especialmente cuidadosos al definir las pendientes; luego se estudiarán cuales son los recursos necesarios para el movimiento de tierra a realizar y a partir de todo lo anterior se define la variante más adecuada.

Después de conformar la nueva superficie del terreno deberán trasladarse para ciertas zonas seleccionadas, desde los depósitos creados durante las labores de desbroce, el material que contiene la biodiversidad que originalmente presentaba la región. De esta manera se garantiza que la vida vegetal y animal que tradicionalmente ha existido en la zona, se regenere y mantenga su riqueza tradicional.

Un aspecto donde aún no se ha tomado la decisión final es el método de reforestación de las áreas afectadas, en la actualidad en el yacimiento Moa

Oriental se están probando dos variantes antes de tomar decisión final en el primer caso la reforestación de los diques de sedimentación se realiza a través de siembra directa de la especie betiberia- formadoras de suelos en los taludes con el objetivo de evitar el proceso erosivo que provoca la lluvia, en el segundo caso se cubrió totalmente el talud con materia vegetal sin sembrar ninguna especie.

La ventaja del primer método radica en la magnitud del costo de la reforestación que es menor debido a que solo se utiliza la materia orgánica vegetal en el lugar particular donde se siembra el plantón de setiberia, la desventaja radica en la lenta difusión de esta especie.

En el segundo caso es más caro debido al incremento del volumen de materia orgánica para cubrir toda el área afectada, pero la efectividad antierosiva es mayor ya que la cobertura herbácea es general sin mucha exigencia desde el punto de vista biológico.

En ambos casos se recurre a especies no autóctonas de la zona debido a la alta exigencia de las especies endémicas y a sus limitadas propiedades de difusión. Ejemplo de ello es la ausencia total esta vegetación en las trochas realizadas para la explotación geológica dos décadas atrás, estos espacios han permanecidos todo este tiempo expuestos a la erosión y han perdido ya todas las propiedades biológicas del suelo.

Este aspecto debe ser resuelto definitivamente considerando las múltiples aristas que reviste, básicamente nos referimos a los aspectos ecológicos y económicos.

Finalmente se procede al completamiento de la vegetación de la zona mediante labores de reforestación. En este aspecto debe señalarse que las especies vegetales que serán sembradas deben ser las mismas que existían anteriormente o al menos ser compatibles con ellas y con las especies animales que pretendemos mantener en la zona.

Finalmente concluimos afirmando que tanto las labores *preventivas* como *rehabilitativas* deben considerarse como una parte del trabajo minero, y es por ello que en el proyecto ya se prevén esas medidas durante la ejecución de todas las actividades mineras.

La rehabilitación se ejecutará conforme al siguiente procedimiento: Las operaciones mineras se ejecutarán en áreas individuales y según se vayan

agotando, en ellas se irá depositando el escombros procedente del destape de otras áreas en operación, seguido del recubrimiento con capa vegetal y la reforestación.

## CONCLUSIONES

- 1) El método de explotación seleccionado es el más productivo y racional, teniendo en cuenta el equipamiento utilizado.

## RECOMENDACIONES

- 1) Para dar cumplimiento al plan de producción anual de la fábrica se debe efectuar la extracción en otras áreas.
- 2) Se sugiere el montaje de la planta de pulpa en el yacimiento Moa Oriental, ya que cada vez aumenta la distancia de tiro.
- 3) Aumentar el parque de camiones ya que hay varios en periodo de vencimiento.
- 4) A medida que se va minando en los bancos se debe realizar un estudio minucioso del orden de explotación de los mismos, para así saber la calidad presente requerida para el proceso metalúrgico.

## BIBLIOGRAFÍA

BORISOV, S. ; KLOKOV, M. y GORNOVOI, B.: *Labores Mineras*, primera reimpresión: Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana, 1986, 480.

BORISOV, S. ; KLOKOV, M. y GORNOVOI, B.: *Capítulo VIII. Explotación de los yacimientos a cielo abierto* . En BORISOV, S. ; KLOKOV, M. y GORNOVOI, B.: *Labores Mineras*, primera reimpresión: Editorial Pueblo y Educación, Ciudad de La Habana, 1986, página 415.

PEREDA H., Segundo y POLANCO A., Ramón: *Transporte minero*, primera edición: Editorial Felix Varela, La Habana, 1999, 364 páginas.

VEGA P., Yovanis:

LÓPEZ G., Yusmila:

## ANEXOS