

**INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO  
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”**

**TRABAJO DE DIPLOMA**

**Título: Diseño de la explotación del área 11 del Yacimiento Moa Oriental**

**Autor: Esmilka Guerra López**

**Moa, 2006.**

## INDICE

<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I. CARACTERIZACION GENERAL DEL YACIMIENTO. ....</b>	<b>8</b>
1.1 Introducción.....	8
1.2 Situación geográfica del yacimiento. ....	8
1.2.1 Hidrografía.....	9
1.2.2 Clima y Vegetación. ....	9
1.2.3 Orografía de la localidad y la red fluvial.....	10
1.2.4 Caracterización socioeconómica de la región.....	11
1.2.5 Vías de comunicación y fuentes de abastecimiento de agua y energía eléctrica .....	11
1.2.6 Minerales Útiles de la región. ....	12
1.3 Constitución geológica del yacimiento.....	12
1.3.1 Tectónica. ....	14
1.3.2 Características hidrogeológicas. ....	14
1.3.3 Características hidrológicas del yacimiento.....	16
1.3.4 Interpretación sobre la génesis del yacimiento. ....	16
1.3.5 Grado de desarrollo de la corteza de intemperismo.....	17
1.3.6 Corte Típico.....	18
1.3.7 Características físico - mecánicas de las rocas.....	18
1.3.8 Características de las rocas del substrato. ....	19
1.3.9 Parámetros geomorfológicos.....	20
1.3.10 Propiedades de los suelos. ....	20
<b>CAPITULO II. DISEÑO DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DEL ÁREA 11. ....</b>	<b>24</b>
2.1 Introducción.....	24
2.2 Descripción de la minería actual del yacimiento.....	24

<b>2.2.1</b>	<b>Introducción.....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Desarrollo geológico. ....</b>	<b>24</b>
<b>2.2.3</b>	<b>Sistema de explotación.....</b>	<b>25</b>
<b>2.2.4</b>	<b>Parámetros fundamentales de explotación.....</b>	<b>26</b>
<b>2.2.5</b>	<b>Fases de minería.....</b>	<b>27</b>
<b>2.3</b>	<b>Caracterización del área 11.....</b>	<b>30</b>
<b>2.4</b>	<b>Estimación de las reservas y recursos.....</b>	<b>32</b>
<b>2.5</b>	<b>Dilución. ....</b>	<b>33</b>
<b>2.6</b>	<b>Capacidad de producción del área 11.....</b>	<b>33</b>
<b>2.7</b>	<b>Control de la calidad del mineral.....</b>	<b>34</b>
<b>2.8</b>	<b>Régimen de los trabajos y plazo de explotación del área.....</b>	<b>34</b>
<b>2.9</b>	<b>Volumen de los trabajos. ....</b>	<b>35</b>
<b>2.10</b>	<b>Fundamento del método de explotación seleccionado.....</b>	<b>42</b>
<b>2.11</b>	<b>Apertura del área.....</b>	<b>42</b>
<b>2.12</b>	<b>Características de explotación del área. ....</b>	<b>44</b>
<b>2.12.1</b>	<b>Características técnicas del equipamiento. ....</b>	<b>44</b>
<b>2.13</b>	<b>Parámetros de diseño de la Mina. ....</b>	<b>45</b>
<b>2.14</b>	<b>Cálculo del desbroce.....</b>	<b>47</b>
<b>2.15</b>	<b>Cálculo del equipamiento a utilizar en la explotación de Zona Sur.....</b>	<b>50</b>
<b>2.15.1</b>	<b>Cálculo del equipo de arranque – carga del escombros de la zona Sur y tiempo necesario de trabajo. ....</b>	<b>50</b>
<b>2.15.2</b>	<b>Cálculo del equipo transporte para el escombros de la zona Sur y tiempo necesario de trabajo. ....</b>	<b>52</b>
<b>2.15.3</b>	<b>Cálculo del equipo de arranque–carga para el mineral procedente de la zona sur que se encuentra por encima de la cota +128 y tiempo necesario de trabajo.....</b>	<b>54</b>
<b>2.15.4</b>	<b>Cálculo del equipo transporte del mineral de la zona sur que se encuentra por encima de la cota +128 y tiempo necesario de trabajo. ....</b>	<b>55</b>
<b>2.16.1</b>	<b>Cálculo del equipo de transporte del escombros.....</b>	<b>58</b>
	<b>Tiempo de carga. ....</b>	<b>58</b>
<b>2.17</b>	<b>Cálculo del equipamiento a utilizar en la explotación de la Zona Este.....</b>	<b>60</b>

2.17.1 Cálculo del equipo de arranque- carga del resto del escombros procedente de la zona Este.	60
2.17.2 Cálculo del equipo de transporte del escombros restante de la zona Este.....	61
2.17.3 Cálculo del equipo de arranque- carga en mineral. ....	63
2.17.4 Cálculo del equipo de transporte en mineral.....	64
<b>CAPITULO III. CÁLCULO ECONÓMICO. ....</b>	<b>67</b>
3.1 Introducción.....	67
3.2 Gastos directos que se originan durante las labores de desbroce en la zona Sur y la zona Este. ....	67
3.3 Gastos originados por la actividad de destape. ....	68
3.4 Gastos originados por la actividad de extracción. ....	70
3.5 Gastos por concepto de mantenimiento. ....	73
3.6 Gastos por reforestación.....	73
3.7 Gastos directos generales. ....	73
3.8 Gastos indirectos.....	74
3.9 Gastos totales.....	74
3.10 Costo de producción por tonelada de mineral extraído.....	74
<b>CAPÍTULO IV. IMPACTO AMBIENTAL Y PROTECCION E HIGIENE DEL TRABAJO. ....</b>	<b>75</b>
4.1 Introducción.....	75
4.2 Alteraciones ambientales producto de la explotación.....	75
4.2.1 Medidas preventivas y correctoras para minimizar el impacto ambiental surgido. ....	78
4.3 Protección e higiene del trabajo.....	80
4.3.1 Medidas de seguridad para el trabajo con retroexcavadoras. ....	82
4.3.2 Medidas de seguridad para el trabajo con transporte automotor. ....	83
4.3.3 Medidas de seguridad para el trabajo con buldózer.....	83
4.3.4 Protección del personal.....	84
<b>CONCLUSIONES. ....</b>	<b>85</b>

<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>86</b>
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL YACIMIENTO MOA ORIENTAL .....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXO 2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA-11.....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXO 3. PLANO DE UBICACIÓN DE LA PLATAFORMA CONFORMADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE .....</b>	<b>90</b>
<b>LA PLANTA DE PULPA Y EL DEPÓSITO DE MINERAL. ....</b>	<b>90</b>
<b>ANEXO 4. PLANO DEL CAMINO DE ACCESO. ....</b>	<b>91</b>
<b>ANEXO 5. PLANO DE UBICACIÓN DE LA ESCOMBRERA. ....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXO 6. PERFIL CORRESPONDIENTE A LA ZONA SUR.....</b>	<b>93</b>
<b>ANEXO 7. PERFIL CORRESPONDIENTE A LA ZONA ESTE.....</b>	<b>94</b>
<b>ANEXO 8. DISEÑO DE APERTURA Y CONSTRUCCIÓN DE RAMPAS DE ACCESO DE LOS PRIMEROS BANCOS EXPUESTOS.....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO 9. FOTO QUE MUESTRA LAS LABORES DE DESBROCE. ....</b>	<b>96</b>
<b>ANEXO 10. FOTO QUE MUESTRA LAS LABORES DE ESCOMBREO (ESQUEMA TECNOLÓGICO). ....</b>	<b>97</b>
<b>ANEXO 11. FOTO QUE MUESTRA LAS LABORES DE EXTRACCIÓN (ESQUEMA TECNOLÓGICO). ....</b>	<b>98</b>
<b>ANEXO 12. FOTOS QUE MUESTRAN ETAPAS DE LA REHABILITACIÓN.....</b>	<b>99</b>

## **INTRODUCCIÓN**

La minería de la laterita en Cuba figura dentro de los principales renglones de la economía nacional. La extracción de los recursos de la manera más racionalmente posible, es decir, obtener menores costos de producción y las mínimas afectaciones al medio, es responsabilidad de los ingenieros de minas.

La Empresa Moa Nickel S.A. es una empresa mixta Cubano - Canadiense que esta compuesta en su sistema organizativo por una Subdirección de Minas, una Planta Metalúrgica en Cuba (Moa), una Refinería en Canadá y una Exportadora en Las Bahamas, por el nivel alcanzado en su sistema de dirección y gestión empresarial se considera una empresa de excelencia.

El presente trabajo titulado Diseño de la explotación de Área 11 del yacimiento Moa oriental, ubicado en la mina de la empresa Moa Nickel S.A. Comandante Pedro Sotto Alba, tiene como objetivo proyectar la explotación óptima del área, perteneciente al referido yacimiento, en él se recogen las operaciones que se llevarán a cabo durante el tiempo de explotación de esta área.

El área 11 tiene como dificultad, la construcción de la planta de pulpa nueva, que forma parte del proceso de ampliación de la empresa. Junto a ella, se construirá también un depósito de mineral con capacidad para 50 000 t, para casos de contingencias.

La elevación de la productividad del trabajo y la efectividad de la producción depende básicamente del nivel de la técnica, la tecnología y la organización de la producción utilizada. Por tal razón el presente trabajo de diploma consistirá en proyectar la explotación del Área 11 del yacimiento Moa Oriental considerando las dificultades planteadas anteriormente.

Para cumplir con tales premisas, se utilizará la siguiente metodología de la investigación:

**Problema:** Explotar de forma racional y efectiva los recursos minerales del área 11 que no se afectan por la construcción de la planta de pulpa nueva y el depósito de mineral.

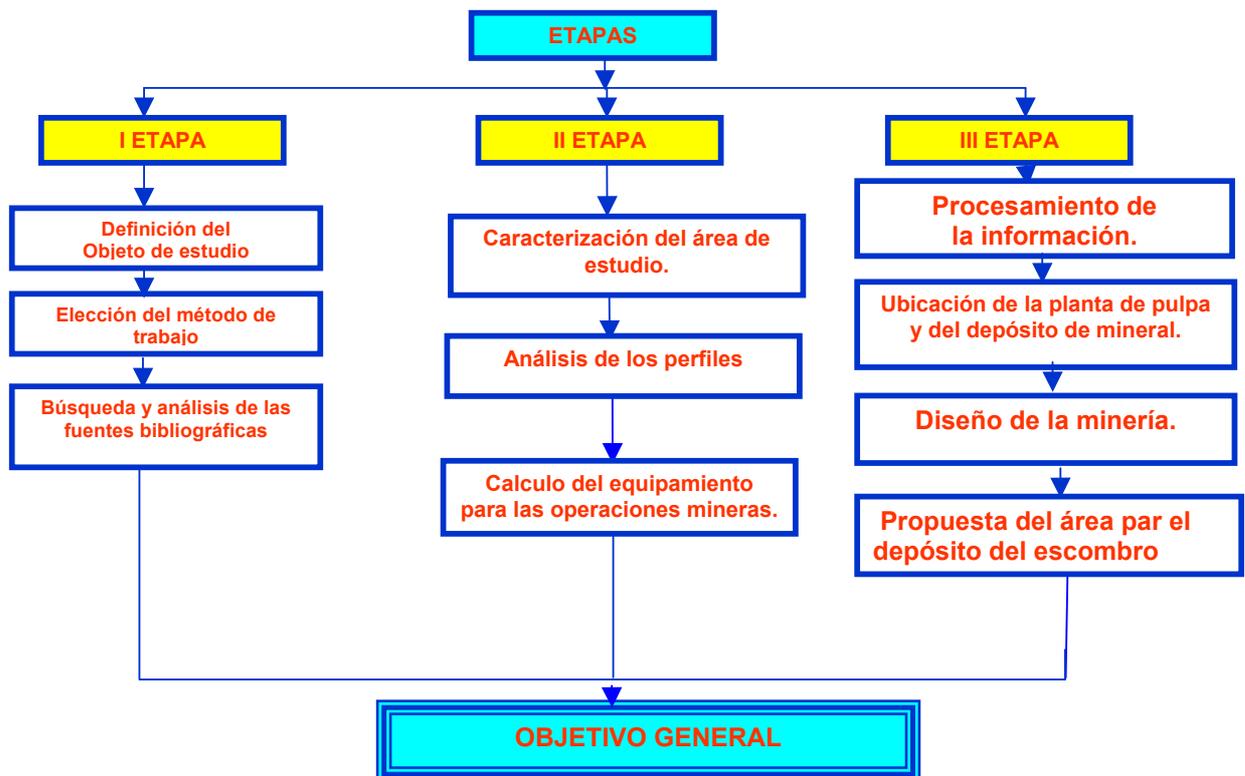
**Hipótesis:** Si se realiza el diseño de la minería y se define la ubicación correcta de la planta de pulpa y el depósito de mineral, se logran resultados óptimos para la explotación de la mena del área.

Partiendo del problema planteado y demostrar la hipótesis nos planteamos el siguiente objetivo.

**Objetivo general:** Diseñar la minería del área 11 para los recursos que no se afectan por la construcción de la planta de pulpa.

**Objetivos específicos:**

- 1.-Definir del método de explotación.
- 2.-Analizar del esquema tecnológico a usar.
- 3.-Proponer la ubicación de la Planta de Pulpa y el depósito de mineral.



## **CAPITULO I. CARACTERIZACION GENERAL DEL YACIMIENTO.**

### **1.1 Introducción.**

En este capítulo se caracteriza brevemente la región desde el punto de vista socioeconómico, y se presenta un resumen sobre los trabajos más importantes desarrollados, dirigidos 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.

### **1.2 Situación geográfica del yacimiento.**

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 de Holguín, limitada 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 1). Según el sistema de coordenadas de Lambert, la región de los trabajos se encuentra limitada por las siguientes coordenadas:

Norte: 697000.00 – 703000.00

Este: 215000.00 – 220000.00

En la región las cotas absolutas oscilan entre 0 - 360 m, por lo general las pendientes son suaves, predominando las de 5 – 10°.

En el marco de las áreas interfluviales mencionadas se observan formas aplanadas y suaves del relieve con cañadas y valles formados en el periodo de peniplanización del relieve. Los desniveles relativos del relieve en la parte del yacimiento oscilan entre 70 - 110 m.

### **1.2.1 Hidrografía.**

En la región se distinguen dos periodos de lluvias.

En correspondencia a estos periodos mencionados se encuentra el régimen de las aguas superficiales, ya que en época de seca disminuye considerablemente el curso de los ríos, convirtiéndose fácilmente en vados, aunque en el periodo de lluvia alcanzan un caudal considerable, provocando en ocasiones, la inundación de caminos.

### **1.2.2 Clima y Vegetación.**

El clima de la región es subtropical, se caracteriza por la presencia de dos periodos de lluvia (Mayo–Junio y Octubre–Enero) y dos periodos de seca (Febrero–Abril y Julio–Septiembre). Las precipitaciones promedio del año en las partes bajas del relieve oscilan entre 1700 – 1800 mm y las partes montañosas de 2200 - 2300 mm. En las épocas de verano las lluvias ocurren en forma de aguaceros y en invierno se caracteriza por su constancia. El régimen de temperatura para periodo seco es bastante alto. Las diferencias de temperaturas promedio raras veces sobrepasan de 5 – 6 °C. La temperatura ordinaria para el verano es de 30 - 32 °C y para el invierno de 22 - 26 °C, en las montañas la temperatura es de 5 - 6 °C menor que en la ciudad.

En la región se desarrollan siete formaciones vegetales naturales y ocupan alrededor del 90% del área de estudio (Bosque tropical, Ombrofilo aluvial, Sempervirente tropical, Xenomorfo espinoso, Matorral tropical, Xenomorfo subespinoso). Referente a la flora se reportaron un total de 345 especies de las cuales el 92% esta en los ecosistemas naturales antes mencionados, 213 son endémicos y representa el 23% de endemismo reportado para el distrito Moa Baracoa. De estas especies endémicas 17 son exclusivas de Moa, 5 en peligro de extinción y 20 vulnerables a la desaparición.

En cuanto a los recursos forestales, el total de bosques alcanza la cifra de 11398.3 ha, de los cuales 11005.5 ha corresponde a bosques naturales y 392.8 ha a bosques en el área de estudio (CESIGMA 2000).

La fauna esta caracterizada por arácnidos, anfibios, aves, mamíferos, de los cuales 104 se reportan como endémicas, 5 en peligro de extinción y 13 vulnerables a desaparecer.

### 1.2.3 Orografía de la localidad y la red fluvial.

Según las características hidrográficas, la red fluvial de la zona esta orientada en dirección submeridional, y representada principalmente por los ríos Moa, Yagrumaje, Punta gorda y Cayo Guam, los cuales desembarcan en el Océano Atlántico.

En el área del yacimiento se encuentran las estribaciones septentrionales y meridionales orientadas del macizo Moa – Baracoa. Estas cordilleras están separadas unas de otras por los valles de varios ríos, en lo que se destaca el río Moa; la parte meridional representa en si cordilleras frecuentemente en forma de colinas divididas por las corrientes de agua y en la parte central se encuentran espacios limitados por pendientes abruptas de los valles de los ríos. En la parte septentrional del territorio son características las elevaciones con alturas no mayores de 50 – 100 m.

El río Moa que corre en los limites del yacimiento, es la fuente de abastecimiento de agua de las empresas y la población; la velocidad promedio de la corriente de agua esta cerca de 1.5 m/s.

La correlación entre los distintos tipos de mena no es constante, en los limites del área de los trabajos de explotación realizados se observan claramente tres aisladas zonas naturales que se controlan, y por lo visto son condicionadas por factores geomorfológicos, y se distinguen unas de otras por su contenido total de níquel en la corteza de intemperismo. Estas zonas fueron llamadas condicionalmente:

Septentrional, Central, y Meridional.

**La zona Meridional** es muy rica en níquel y se extiende al Oeste del río Moa, en las superficies la divisoria de las aguas son colinas de poca altura.

**La zona septentrional** se caracteriza por un contenido de bajo níquel, esta situada al norte del río Cabañas en una superficie aplanada pero descendiente.

En los limites de esta misma zona, el contenido total de níquel en la corteza de intemperismo aumenta, pero al mismo tiempo al este se observan frecuentes casos de estructuras irregulares del depósito y se altera la sucesión clásica de los tipos de mena en el corte.

#### **1.2.4 Caracterización socioeconómica de la región.**

La región es una de las más desarrollada del país desde el punto de vista económico, debido a que cuenta con las plantas procesadoras de níquel Comandante Pedro Sotto Alba y Ernesto Che Guevara que impulsan la industria minero metalúrgica.

Además de los yacimientos lateríticos, existen yacimientos de cromo refractario clasificados como los mayores de su tipo en el territorio nacional distribuido en las cuencas de los ríos Cayo Guam y Yamanigüey, donde una parte del mineral extraído se procesa en la planta de beneficio.

Los gabroides y rocas ultrabásicas presentes en la región se pueden emplear como áridos en la industria de materiales de la construcción. En Cayo Moa Grande se encuentra una barrera arrecifal cuyos corales son extraídos y utilizados como materia prima en el proceso tecnológico de la planta Pedro Sotto Alba. También existen otras identidades de las cuales depende la economía de la región. La Empresa Municipal Agropecuaria (EMA), el Tejar, el Combinado Lácteo entre otras. Al sur se desarrolla la ganadería y se lleva a cabo la explotación de recursos forestales que abundan en la zona.

La población ha crecido hasta alcanzar la cifra de 76000 habitantes, la región cuenta con una Empresa Marítima para el embarque de productos obtenidos en la Empresa de Níquel y la planta beneficiadora de cromo. Y desembarque de las materias primas y otros productos para las fábricas

#### **1.2.5 Vías de comunicación y fuentes de abastecimiento de agua y energía eléctrica.**

Las principales vías de comunicación son terraplenes y carreteras, las que comunican al municipio con otras ciudades como Sagua de Tánamo, Baracoa, Guantánamo, etc. Además existe comunicación directa por aire con la capital y otras ciudades del país.

El puerto Marítimo posee una capacidad que permite el atraque de barcos con capacidad entre 10000 – 15000 t, el abastecimiento de agua se realiza de la presa nuevo mundo de donde es enviada para el consumo después de purificada, la energía eléctrica utilizada en la región procede de la red nacional proveniente de la Termoeléctrica “Lidio Ramón Pérez” de Félton en el municipio de Mayarí.

### **1.2.6 Minerales Útiles de la región.**

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.

### **1.3 Constitución geológica del yacimiento.**

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:

- Ultramáfico serpentinado.
- Cumulativo.
- Diques paralelos de diabasas.
- 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 2 500 km<sup>2</sup> con potencia de 800 - 1 000 m, 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 - 80% del volumen total de la asociación y está representado por harzburgitas, lherzalitas 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, lherzalitas 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 representadas por las harzburgitas y en menor cantidad dunitas y piroxenitas.

Desde el punto de vista geomorfológico éste es un yacimiento que presenta ondulaciones suaves de los parte agua y amesetamiento.

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).

### **1.3.1 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 estructuras constituyen los límites del yacimiento por el Oeste y el Este respectivamente a partir de estas dos grandes estructuras 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 intemperismo 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.

### **1.3.2 Características hidrogeológicas.**

El yacimiento níquelífero 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. Sobreyaciendo a todas estas variedades litológicas se encuentra la corteza de intemperismo laterítica que varía desde 1 - 42.00, predominando los espesores de 2 - 10 m.

La corteza de intemperismo está constituida por Ogres Estructurales finales e iniciales, así como por Ogres 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 Ogres Inestructurales con y sin perdigones así como los Ogres 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 Ogres estructurales, en el contacto de este con las rocas ofiolíticas y en estas, y que los Ogres Inestructurales constituyen la zona de aereación las cuales se inundan en épocas de lluvias y descargan sus aguas muy rápidamente. De acuerdo con estos estudios, efectuados durante las prospecciones y exploraciones geológicas, en la red de 66 x 66 y 16 x 16, en los cuales, el nivel del agua está próximo a las profundidades de los pozos.

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 m, 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 m<sup>3</sup> 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 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 300 - 260 m, siendo las cotas del nivel del terreno de 350 - 250 m. En la parte central del yacimiento las cotas del nivel del agua están entre 220 - 140 m, aproximadamente y en la parte más baja del yacimiento las cotas del nivel del agua entre 60- 0 m, mientras que las cotas del terreno están entre 150 - 50 m.

### **1.3.3 Características hidrológicas del yacimiento.**

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 el arroyo del oeste drena una cuenca de  $0.71 \text{ km}^2$  con un caudal calculado de  $0.013 \text{ m}^3/\text{s}$ . 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 del río Moa, el arroyo Jicotea es alimentado por numerosas corrientes.

En el río los Lirios y el arroyo Jicotea se hicieron mediciones aguas arriba obteniéndose caudales de  $0.014 - 0.0076 \text{ m}^3/\text{s}$  respectivamente y en uno de los afluentes del Jicotea se realizaron mediciones 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 aguas arriba siendo de  $26 \text{ m}^3/\text{días}$ . Todas estas mediciones se hicieron el mismo día y en periodo de seca.

### **1.3.4 Interpretación sobre la génesis del yacimiento.**

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, 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, una composición mineral y química propias.

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

### **1.3.5 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 descritas microscópicamente debido a la variación de color y la textura de la corteza, coincidiendo con la variación del contenido de níquel en ella.

**Zona superior (primera):** 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 aun más irregular que las anteriores, transición 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 cortes de más de 200 m de espesor, otros cortes similares se observan en el cauce del río Levisa.

### 1.3.6 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 alcanzando un desarrollo homogéneo el horizonte de las lateritas.

**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 serpentiniticas de balance (SB):** Son menas donde el níquel posee los más altos contenidos. El silicio y el magnesio en Moa Oriental pueden 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>.

### 1.3.7 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 varia en dependencia de la profundidad, encontrándose los valores más altos en el material serpentínico. En algunos yacimientos el coeficiente de esponjamiento obtenido en el escombro es similar al de las menas que componen el mineral útil.

### **1.3.8 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 y subordinadamente, dunitas y piroxenitas.

Microscópicamente 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 - 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 como espínelas 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 serpentización y laterización de las ultramafitas, originando las cortezas lateríticas ferroniquelíferas.

### **1.3.9 Parámetros geomorfológicos.**

Se caracteriza por tener relieve suave y ondulado, y gradualmente ascendente de norte a sur desde los 50 m de elevación sobre el nivel de mar hasta aproximadamente 300 m. 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 drenan hacia el río Moa.

### **1.3.10 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.

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 referidas en la tabla # 1.

Los suelos ferríticos distribuidos en el área del yacimiento de Moa Oriental, se caracterizan por la presencia en ellos, del horizonte de diagnóstico sub-superficial Ferrítico (horizonte B Ferrítico; endopedón oxídico en la Séptima Aproximación Norteamericana), el cual posee las siguientes características físico-químicas:

- Presencia de nódulos ferruginosos que representan menos del 20% del volumen de la masa del suelo.
- Tiene más de 50% de sesquióxidos de hierro.
- Capacidad de intercambio menor de 12 mol (+) 1kg en arcilla.
- La composición de minerales secundarios está representada por hematita, geotita, gibbsita y trazas de minerales arcillosos 1:1.
- 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 uno.
- Grado de saturación por bases mayor de 50%.
- Valores cercanos de pH en agua y en cloruro de potasio.
- Estructura de agregados finos, poco estables.
- Este horizonte debe ser al menos de 10 cm de espesor si descansa directamente sobre la roca madre.

**Tabla # 1. Descripción general del perfil del suelo ferrítico.**

Horizonte	Prof (cm)	Descripción del perfil
A	0-10	Poco sistema radicular, capa vegetal (A0 - A00) 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 3/4(entiéndase value =3, chroma =4), no es pegajoso al tacto, no se observan canales de lombrices, no hay caracoles, ni otras macro formas de vida.
B <sub>1</sub>	10-30	Muy poco sistema radicular, la estructura es poliédrica pequeña, poco estable, abundantes perdigones ferro mangánicos (más del 5%) textura franca arcillosa, el color es rojo oscuro, con Hue 2,5 YR 3/6, no es pegajoso al tacto, sin canales de lombrices.
B <sub>2</sub>	Más de 30	No tiene sistema radicular, la estructura es granular –nuciforme pequeña, estable textura franca arcillosa, menor contenido de perdigones ferro mangánico, etc. color similar al B <sub>1</sub> , sin canales de lombrices.

Como se aprecia en la tabla #2, 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.

**Tabla # 2. Indicadores ambientales claves promedios de 112 muestras de suelos ferríticos tomadas en profundidades hasta de 15 metros.**

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

Los suelos Esqueléticos (lithosoles) en las áreas de pendientes inclinadas del yacimiento se distribuyen no uniformes, los cuales presentan, en general, el perfil que se describe en la tabla #3.

**Tabla # 3. Descripción general del perfil del suelo esquelético.**

Horizonte	Prof (cm)	Descripción del perfil.
A	0-5	Abundante sistema radicular, capa vegetal (Ao-Aoo) 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.
AC	5-20	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 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<sup>0</sup> a 35<sup>0</sup>), rodeando las superficies interfluviales de los ríos Moa, Jicotea y Los Lirios, entre los 150 - 400 m de altitud.

En general, y como se aprecia en la tabla #4, 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 # 4. Análisis de fertilidad promedio del Lithosol sobre serpentinitas.**

Hor	Prof (cm)	M.o (%)	N% (total)	%C	C/N	CCB (suelo)	Gr de Satur %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (asim)	K <sub>2</sub> O (asim)	Microele (ppm) Zn	Cu	Bo
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

Donde:

Hor- horizonte.

Prof- profundidad.

M.o- materia orgánica.

C/N- relación carbono – nitrógeno.

CCB- bases de cambio.

Meq/100g- mili equivalente por cada 100 g.

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(asim)- fósforo admisible.

K<sub>2</sub>O- potasio admisible.

ppm – partes por millón.

Gr de satur – grado de saturación por bases.

## **CAPITULO II. DISEÑO DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DEL ÁREA 11.**

### **2.1 Introducción.**

En este capítulo se abordaran las principales tareas correspondientes al diseño de la explotación que se aplicará al Área 11. En él se abordarán temas principales como caracterización del método de explotación, cálculo del equipamiento, planificación y organización de la minería.

Parte de esta área, esta destinada a la construcción de la planta de pulpa nueva, la cual es parte del proyecto de ampliación de la empresa Cmdte Pedro Sotto Alba, así como un depósito de mineral en la cota +128 en el que se almacenarán 50 000 t de mineral, está destinado a garantizar una alimentación más estable a la planta de pulpa y para casos de emergencias.

### **2.2 Descripción de la minería actual del yacimiento.**

#### **2.2.1 Introducción.**

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

Por razones climáticas generalmente predominan dos afectaciones fundamentales, la generación de polvo en los periodos secos y la creación de embalses en zonas minadas en los periodos de intensas lluvias, pero ello no constituye un peligro para garantizar la producción ni para la seguridad de las operaciones.

#### **2.2.2 Desarrollo geológico.**

El yacimiento se encuentra explorado y desarrollado en distintas redes de perforaciones, la de 33 x 33 m que se utilizó para calcular la potencia media de perforación, así como los demás parámetros que son: muestras a procesar, muestras para la sedimentación, para los análisis químicos y construcción de caminos y

plataformas, además fue necesario la aplicación de una red auxiliar de 16 x 16 m con el objetivo de obtener mayor precisión entre un pozo y otro, el contacto estéril - mineral, para evitar un empobrecimiento del mineral (Figueredo 2004).

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 perforación y exploración, se consideró el valor promedio de los elementos útiles (Ni, Co y Fe) y los nocivos al proceso ( $\text{SiO}_2$  y Mg.) para toda la masa del bloque, se estimó una red virtual de 3 x 3 m.

El método conlleva a una reestimación de las reservas geológicas del yacimiento, ya que pueden aparecer algunas capas de 1 m promedio de potencia en un bloque, que se considere estéril o mineral, cuando por su contenido real pertenezca a la categoría contraria (por ejemplo: la última capa de un metro del bloque contiene  $\text{Ni} \geq 1.0\%$  y el bloque completo es menor que 1.0%, en este caso el bloque completo se enviara a la escombrera). Este aspecto fue discutido y aprobado por la oficina nacional de recursos naturales.

### **2.2.3 Sistema de explotación.**

El sistema de explotación que se utiliza en este yacimiento difiere sensiblemente de la minería tradicional aplicada en los yacimientos lateríticos cubanos. La primera diferencia radica en el equipamiento minero utilizado (retroexcavadora - camión).

Este sistema prevé la extracción del mineral y los trabajos de destape a través de bancos de 3 m de altura, divididos en bloques de 8 x 8 m.

El escombreo y la extracción se realizan mediante el desarrollo de bancos múltiples y la exposición de varios frentes a la vez, donde los frentes de excavación se desplazan de este a oeste (o viceversa), mientras que los frentes de trabajo se desplazan generalmente de norte a sur, y el frente de explotación habitualmente de arriba hacia abajo. La carga de los camiones se realiza en el nivel inferior y a  $90^\circ$  con respecto al punto de extracción, en períodos de lluvia y durante la apertura de un nuevo frente se puede realizar a nivel de plataforma.

La apertura de nuevos bancos y frentes de minería se efectúa a través de trincheras longitudinales interiores o exteriores, posteriormente son ampliadas paulatinamente hasta quedar creado o expuesto un nuevo frente.

Por haber una similitud entre los ángulos de inclinación del cuerpo mineral y el de la superficie del terreno natural, la apertura y ejecución de la minería puede ser iniciada y realizada por cualquier horizonte o por varios a la vez, y desarrollarlos lo mismo de arriba hacia abajo que de abajo hacia arriba (Petit 2003). Esto indica que como resultado de la práctica minera siempre debe resultar solo un borde de trabajo, donde el ángulo de inclinación del terreno natural es menor o igual al ángulo del borde de trabajo.

La coincidencia de la inclinación entre el terreno natural y el cuerpo mineral, permite además la ejecución de piscinas de sedimentación sin correr el riesgo de deslizamientos de taludes y construir accesos hasta ellas sin dificultades.

Con este mismo sistema de explotación el control topográfico de la minería desempeña un papel importante a la hora de asegurar la calidad del mineral, ya que se requiere la ubicación espacial precisa de cada bloque primario.

Otra diferencia sustancial con el sistema tradicional consiste en la no ejecución de caminos secundarios para el desplazamiento de un banco a otro, se utilizan accesos temporales que desaparecen con el avance de la minería.

#### **2.2.4 Parámetros fundamentales de explotación.**

##### **Explotación con Retroexcavadoras.**

**Altura de banco:** La altura de los bancos va a ser siempre constante, de 3 m, tanto para el escombrecimiento como para la extracción, debido a: la altura del camión, 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.

**Angulo de talud:** El talud, por su pequeña altura tendrá una inclinación generalmente superior a los 85°.

**Plataforma de trabajo:** Cuando la carga se realiza desde el banco superior el ancho de la plataforma de trabajo debe estar en un rango mínimo de 8 - 12 m. Si la carga se

realiza en el mismo nivel de ubicación de la retroexcavadora (a nivel de plataforma) y el camión tiene que retornar a la misma vía para regresar, para lograr que el ángulo de arranque y carga del mineral sea de 90° como máximo, lo recomendable es que el ancho mínimo de la plataforma sea de 16 m.

### **2.2.5 Fases de minería**

#### **Desbroce:**

Esta actividad va a consistir en arrancar y eliminar toda la superficie vegetal y maleza que cubren la capa ferruginosa (25 - 40 cm de espesor), facilitando posteriormente los trabajos de destape.

En los yacimientos lateríticos esta vegetación está representada por Pinos Cubensis o Pinos Mayarí y por varios arbustos o hierbas que ocupan el espacio disponible entre los Pinos (Pereira 2001).

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 buldózers que apilan la maleza en lugares donde no puedan obstruir los trabajos de destape, construcciones de caminos, etc.

Esta operación se lleva a cabo con el buldózer 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.
- Datos de la hoja:
- Largo: 4365 mm
- Alto: 1210 mm

#### **Escombros:**

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.

**Arranque:**

Esta consiste en extraer del suelo natural el mineral para su posterior transportación a la planta de pulpa, las dos operaciones (arranque y carga) serán realizadas por retroexcavadoras de tipo LIEBHERR 984, también se contará de forma auxiliar de un buldózer para la preparación de la plataforma de carga.

Características técnicas de la retroexcavadora:

- Volumen del cubo:  $V_c = 6\text{m}^3$ .
- Duración del ciclo de trabajo:  $T_c = 25$  seg.
- Longitud de la pluma:  $L_p = 8\ 000$  mm.
- Ancho del cubo:  $A_c = 2\ 600$  mm
- Alcance máximo durante el arranque: 6 m.

**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 35 % 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 o los depósitos, en caso de mineral, o hasta la escombrera, en caso de estéril. La misma será realizada por camiones de tipo VOLVO A40D de 37 t.

Características técnicas del camión:

- Capacidad de carga: 37t.
- Volumen de la caja (colmado):  $24.9\ \text{m}^3$ .
- Fórmula de ruedas: 6 x 6
- Potencia del motor: Bruto: 313 kw. =426 Hp.
- Peso: Bruto: 68270 kg.  
Neto: 31270 kg.
- Largo: 11310 mm.

- Ancho: 3432 mm.
- Altura: 3746 mm.
- Máxima pendiente que vence: 12 %.

### **Control de Erosión y Sedimentos:**

La empresa Pedro Sotto Alba Moa Nickel S.A. está implementando medidas en aras de mejorar progresivamente el comportamiento medioambiental de las operaciones mineras para cumplir con los estándares internacionales relacionados con el medio ambiente, para ello, se está llevando a cabo un Programa de Control de Erosión y Sedimentación para un nuevo desarrollo minero en el yacimiento Moa Oriental (Figueredo 2004).

La topografía prevaleciente en la zona de los yacimientos, la intensidad de las lluvias, y las grandes áreas expuestas a la minería, condicionan enormemente el arrastre de sedimentos y la erosión de los suelos.

Los principios generales para el Programa de Control de Erosión y Sedimentación (PCES) Efectivo son los siguientes:

- Minimizar las Perturbaciones.
- Control de Drenaje.
- Prevención de la Erosión.
- Recolección de Sedimentos.
- Rehabilitación Progresiva.

El principal objetivo es proteger al medio ambiente (que incluye a los habitantes de la región) de los impactos negativos causados por la minería, entre los objetivos generales tenemos:

- Minimizar la carga de sedimentos desde las operaciones mineras al ambiente.
- Integración del PCES con las operaciones mineras para mantener la eficiencia en la producción.
- Establecimiento de superficies rehabilitadas estabilizadas y protegidas que requieran el mínimo o ningún mantenimiento.
- Utilización de materiales locales en el diseño y construcción.
- Implementación de soluciones de costo efectivas.

Los componentes principales del PCES en Moa Oriental prevé la ejecución de canales de desvío y colección, barreras artificiales para la recolección de sedimentos y prevención de la erosión, sedimentadores en las áreas que lo requieran, cercas de sedimentos, tratamiento de las pendientes, diseño de las escombreras observando los parámetros necesarios para la disminución de la erosión (Figueredo 2004).

### **2.3 Caracterización del área 11.**

El área de estudio se encuentra ubicado hacia el centro de la parte norte del yacimiento Moa Oriental, ocupa un área de 530000 m<sup>2</sup>, limitada en el extremo Oeste por el Río Jicotea, al Este por un afluente del mismo río, al Norte está limitada por dos líneas eléctricas, una de 110 kV y otra de 220 kV (Ver Anexo 2). Al Sur limita con una zona no mineralizada que da continuidad a otra área de minería llamada Área 12.

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

Norte: 8400.00 – 9500.00

Este: 11300.00 – 12000.00

Las pendientes varían gradualmente entre las cotas 159 m – 59 m (de Sur a Norte). La potencia promedio del mineral del área es 3.63 m.

Para realizar el proyecto de explotación de esta área, se dividió en tres zonas de interés que poseen las siguientes características:

1. Zona Sur, es donde se construirá la nueva planta de pulpa y el depósito de mineral para casos de emergencia (Ver anexo 3). Esta zona se sitúa en la parte más alta del área, limitada al Sur por la zona no mineralizada que antecede a área 12, y al Norte por las zonas Este y Oeste del área. Por el Este limita con el afluente del río Jicotea, y por el Oeste con el propio río, referidos anteriormente. Las cotas varían entre 155 m y 124 m (de Sur a Norte).

El mineral procedente de esta zona, es de baja calidad de Ni (Ver Anexo 6), y no forma parte del plan 2007 por lo que inicialmente será transportado a un depósito que se encuentra situado a 1 kilómetro de distancia de la misma, para ser dosificado posteriormente con otras áreas de buena calidad.

2. Zona Este, esta está comprendida dentro del plan de minería para el año 2007, posee un mineral de buena calidad (Ver Anexo 7). Esta limitada por el Este con un afluente del río Jicotea y por el Oeste con la zona no mineralizada que antecede a la zona Oeste del área. Por el Sur limita con la zona Sur y por el Norte con las líneas eléctricas de 110 kV y 220 kV.
3. Zona Oeste, su explotación se realizará posteriormente, pues no esta comprendida dentro del plan de Minería para el próximo año. Está limita por el Sur con la zona Sur del área, por el Norte con las líneas eléctricas referidas anteriormente. Por el este limita con la zona no mineralizada que atraviesa el área, por el Oeste, con el Río Jicotea. El mineral que contiene es de buena calidad.

En cuanto a la clasificación del área del yacimiento en el cual se enmarca nuestro trabajo, desde el punto de vista de su explotación puede realizarse atendiendo a diferentes criterios, entre los que se encuentran.

**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 m ó 30 m.

**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 simultánea en varias zonas, para proceder a la mezcla y la homogenización de los minerales extraídos.

En esta área, como parte del proceso de ampliación de la fábrica, se ubicara la planta de pulpa nueva y un depósito de mineral con capacidad mínima para 50 000 t en la cota +128, pues tiene las condiciones de distancia con los frentes y con la planta receptora, y la topografía del área así lo permite.

## 2.4 Estimación de las reservas y recursos.

Todas las bases de datos utilizada en los cálculos fueron creadas en menor o mayor grado por la empresa Geominera, las 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 la estimación de los recursos y reservas se utilizó el concepto de níquel equivalente, que incluye el precio de los metales básicos (Ni y Co), además del contenido de Ni y Co de la muestra, obteniéndose el valor a través de la siguiente fórmula:

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

Donde:

Pni y Pco – son los estimados del precio del níquel y el cobalto en el mercado internacional.

En este caso el cut-off de Ni, Fe y Niequi se aplica al copósito 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 Niequi  $\geq 1.25\%$  y Fe  $\geq 35\%$ , y estéril si no cumple la condición del Niequi.

Excepcionalmente se trata como estéril diferenciado a los bloques con Niequi  $\leq 1.25\%$ , pero con Ni  $\geq 0.9\%$ , Fe  $\geq 35.0\%$ , los cuales son considerados de valor económico para el futuro.

Los recursos se estimaron mediante el Sistema Integral Minero (SIM), desarrollado en la subdirección de minas para la utilización del modelo de bloques. 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 las propiedades físico-mecánicas del mineral, así como los parámetros fundamentales del equipamiento minero. Ver tabla #5.

**Tabla # 5. Balance de recursos minerales Área 11.**

Área 11	ton	%Fe	%Ni	%Co
<b>Recursos</b>	2 160 882	44.09	1.225	0.156
<b>Reservas</b>	2 096 056	44.09	1.20	0.151

El procedimiento para la estimación de las reservas del yacimiento a través del SIM se realizó teniendo en cuenta el modelo de bloques, las franjas de protección medioambientales y restricciones por líneas eléctricas y el concepto de Ni equivalente visto anteriormente.

### 2.5 Dilución.

Para la determinación de este parámetro se consideraron los resultados prácticos acumulados durante los años de experiencia en la explotación de estos yacimientos, con los valores siguientes:

**Tabla # 6. Factores de dilución.**

Dilución	% Fe	% Ni	% Co
Coeficiente	1	0.98	0.96
%	0	-0.025	-0.0047

### 2.6 Capacidad de producción del área 11.

La capacidad de producción de este período 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.

Las reservas de mineral estimadas dentro de los límites del área son de 2 096 056 t, contenidas dentro de las tres zonas anteriormente referidas. Para el año 2007 se explotará solo la zona Este, con recursos aproximados de 1 332 700 t, por lo que se ha estimado que la capacidad de producción del área es de 3 650 t/ día, representando el 56 % del total de mineral necesario alimentar al proceso procedente de este yacimiento,

correspondiendo la otra parte de la producción a otros sectores que se explotaran simultáneamente.

### **2.7 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 las especificaciones así como la relación de Ni/ Co y el volumen de mineral.

Sobre la base de 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 cada uno de los viajes que se lleven a planta de pulpa.

Hay que tener alternativas de minería con varios frentes disponibles por si 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.

### **2.8 Régimen de los trabajos y plazo de explotación del área.**

El régimen de trabajo para la explotación del Área 11 será continuo, abarca los 365 del año, en 2 turnos de 12 horas de trabajo cada uno, planificándose, aproximadamente 65 días improductivos al año para el escombrecimiento y 11 días en la extracción, provocados por intensas lluvias que ocurren en la etapa invernal. En este período 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 escombrecimiento, la cual incorpora todos sus recursos y trabajadores al apoyo en la extracción siempre que sea posible.

El plazo de explotación del área está determinado a partir de la productividad necesaria por cada mes procedente de esta área, es decir a la cifra de 109 500 t/ mes.

### **Determinación de la duración de la explotación del Área-11.**

$$E = \frac{R}{CP}$$
$$E = \frac{2\,096\,056\ t}{3\,650\ t/día}$$
$$E = 574\ días$$

Donde:

$R = 2\,096\,056\ t$ . Reservas con que cuenta el área.

$CP = 3\,650\ t/día$ . Capacidad de producción del área.

### **Planificación de los turnos de trabajo.**

La organización de las operaciones mineras y de mantenimiento prevé dos turnos de 12 horas durante los 7 días de la semana, las brigadas de construcción de caminos y desarrollo geológico trabajarán un turno de 12 horas por día.

El cambio de turno a los operadores de equipos y chóferes de tiro de mineral salientes, entregarán los equipos personalmente y directo en el área de trabajo.

### **2.9 Volumen de los trabajos.**

El ciclo de explotación se puede definir como una sucesión de fase u operaciones básicas aplicadas tanto al material estéril como al mineral. 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 las operaciones básicas pertinentes.

Fases básicas:

- Desbroce.
- Escombreo y formación de escombreras.
- Arranque y carga.
- Transporte y almacenamiento.
- Rehabilitación.

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

### **Desbroce.**

Esta actividad va a consistir en arrancar y eliminar toda la superficie vegetal y maleza que cubren la capa ferruginosa (30 cm de espesor), facilitando posteriormente los trabajos de destape (Ver Anexo 9).

En los yacimientos lateríticos esta vegetación está representada por Pinos Cubensis o Pinos Mayarí y por varios arbustos o hierbas que ocupan el espacio disponible entre los Pinos (López 2001).

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 bulldozers que apilan la maleza en lugares donde no puedan obstruir los trabajos de destape, construcciones de caminos, etc. La operación se llevará a cabo con cierto desfase con respecto a la minería.

### **Escombreo.**

Durante el desarrollo de esta actividad se removerá un total de 1 626 493 m<sup>3</sup> de escombros con un coeficiente de destape igual a 1.29.

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 (Ver Anexo 10). 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. La misma se iniciará 2 meses con 3 días antes del día 1ro de enero del año 2007 para contar con reservas que sean suficientes para 3 meses de explotación. El sistema de extracción es similar al de la minería.

### **Construcción de caminos.**

El diseño de las vías de transporte debe ser tal que las unidades de transporte que se utilicen se muevan sin perder el ritmo de la operación en condiciones seguras:

- Firme.

- Pendiente.
- Anchura de la vía.
- Curva: radios, peraltes y sobreancho.
- Visibilidad en curvas y cambios de rasante.
- 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 considera 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. Para lograr el acceso desde la fábrica hasta el yacimiento, se utilizó parte del camino principal que enlaza la fábrica con la planta de pulpa, parte del camino que va hasta el poblado de la Veguita y un camino proyectado desde este último hasta el área del yacimiento.

Para la explotación del área se construirá un camino secundario para el traslado de estéril a la escombrera. Su vida útil estará en correspondencia con el tiempo de explotación del área, dicho camino tendrá su conexión con el camino que de acceso al área de explotación.

A continuación se expone un ejemplo del caso que recoge todos los parámetros que se tienen en cuenta a la hora de calcular el ancho de la vía de transporte, tenemos que destacar que no siempre es así, hay tres casos típicos que podemos encontrar, que son:

- Cuando se hacen drenajes a ambos lados de la vía.  
Aquí  $B = 14.96$  m.
- Cuando se dejan bermas de seguridad a ambos lados sin desagüe.  
Aquí  $B = 13.76$  m.
- Cuando se hace un drenaje en un extremo y berma de seguridad en el otro.  
Aquí  $B = 14.36$  m. (este es el caso del ejemplo).

**Ancho de las vías.**

$$B = 2 \times A + 2 \times p + 2 \times n + D + y + c + b$$

$$B = 2 \times 3.432 + 2 \times 0.7 + 2 \times 0.6 + 1.3 + 0.8 + 1.3 + 1.5$$

$$B = 14.36 \text{ m}$$

Donde:

B - ancho total de la vía de tránsito (m)

A = 3.432 m. Ancho del vehículo.

D = 1.3 m. Ancho superior del drenaje.

c = 1.3 m. Berma de seguridad entre vías.

b = 1.5 m. Berma de seguridad compuesta por una pila de tierra, que se deja cuando en al extremo de la vía sigue un talud.

p = 0.7 m. Berma de seguridad entre el borde exterior del neumático y el drenaje.

y = 0.8 m. Proyección del drenaje, inclinación 2:1.

n = 0.6 m. espacio entre el borde exterior del neumático y el borde del vial.

h = 1 m. Altura de la pila de tierra.

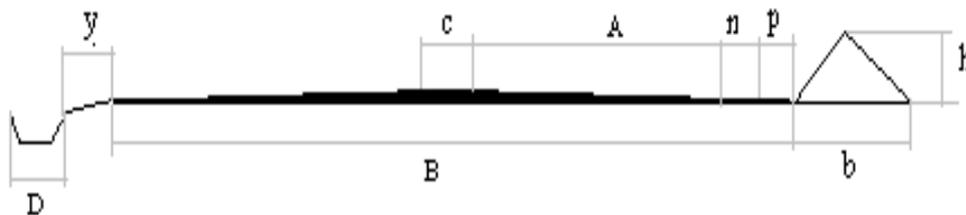


Fig.1. Caminos principales a utilizar durante la explotación.

**Drenaje y Control de erosión y sedimentación**

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 de cintura 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 adecuada. Todo el sistema de drenaje se dirigirá hacia las piscinas o lagunas de sedimentación que se construirán en los perímetros de las áreas minadas.

Debido a la irregular topografía que presenta el yacimiento 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.

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

1. Hidrología – para determinar el diseño de los flujos.
2. Topografía – para determinar las áreas de recolección de agua y localización de los componentes del PCSE.
3. Suelos – para determinar los requerimientos de control de erosión y sedimentación.
4. Vegetación - para la rehabilitación a largo plazo.
5. Control de Sedimentación.
6. Eliminación de partículas mayores de 0.02 mm.
7. Medidas a corto plazo (6-12 meses de vida para el período operacional).
8. Tormentas de 1 en 5 años para el control de sedimentos.
9. Medidas a largo plazo (< 10 años para el período de rehabilitación):
10. Tormentas de 1 en 10 años para el control de sedimentos.
11. Tormentas de 1 en 50 años para la capacidad del aliviadero.

### **Arranque y carga.**

Esta consiste en extraer del suelo natural el mineral para su posterior transportación la planta de pulpa, las dos operaciones (arranque y carga) serán realizadas por retroexcavadoras de tipo LIEBHERR 984, también se contará de forma auxiliar de un buldózer para la preparación de la plataforma de carga.

El desarrollo de la minería en el área, se realizará por frentes continuos a través de bancos múltiples; las excavadoras van a moverse de sur a norte y viceversa. Durante el trabajo con la retroexcavadora el talud de explotación tendrá un ángulo de aproximadamente 85 a 90°.

El método de carga más utilizado será arranque y carga inferior (Fig. 2) lo que permitirá una disminución sensible en la duración del ciclo de trabajo de ambos equipos y su

operación se hace menos compleja. El movimiento del transporte dentro de los límites del laboreo puede ser cerrado o continuo.

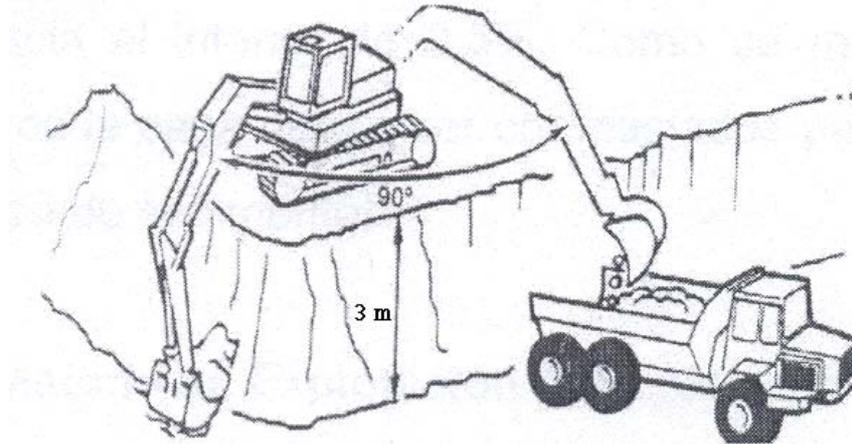


Fig.2. Esquema de arranque y carga inferior.

### 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 35 % 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 o los depósitos, en caso de mineral, o hasta la escombrera, en caso de estéril.

Para la transportación de la materia, se utilizarán los camiones articulados VOLVO A40D, pues estos ofrecen ventajas con respecto a los camiones rígidos en las condiciones de Área 11. 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.
- Posibilitan 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.

- Puede trabajar en condiciones climáticas adversas.

### Diseño y formación de escombreras.

Todo el escombros a remover durante la apertura, se depositará en una escombrera interior ubicada, aproximadamente a 1 km. de distancia, la cual tiene una capacidad de recepción de 2 millones de  $m^3$  aproximadamente (Ver Anexo 5). El diseño de escombrera se realizó según tecnología recomendada por la firma de consultoría Knight Piésold.

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

Esta escombrera interior formará parte de lo que es la rehabilitación de las áreas minadas, y se formará 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, como se muestra en la figura.

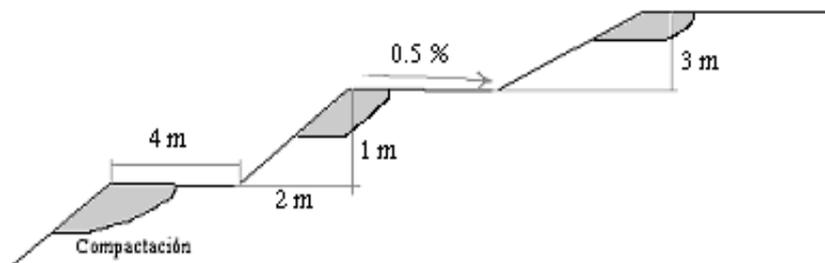


Fig.3. Perfil transversal de la escombrera.

### Rehabilitación.

Las operaciones mineras se ejecutarán en áreas individuales según se vayan agotando, en ellas se irá depositando el escombros procedente del destape de otras áreas. Posteriormente se proseguirá con el recubrimiento con la capa vegetal y la reforestación (Ver Anexo 12). Este procedimiento es aplicable en Moa Oriental, en los demás yacimientos la rehabilitación se realiza depositando capa vegetal directamente sobre las zonas agotadas sin reservas de serpentina para su uso posterior, a continuación se realiza la reforestación (Petit 2003).

## **2.10 Fundamento del método de explotación seleccionado.**

Las características del yacimiento expuestas al principio de este trabajo, no permite otro método que no sea a Cielo Abierto. En este caso considerando la potencia promedio de mineral del área en cuestión, alrededor de 3.63 m, las características del equipamiento minero disponible, se decidió pasar de la minería tradicional a la minería por bancos, utilizada ya en los últimos tiempos en la minería de la Empresa Moa Nickel S.A. Cmdte. Pedro Sotto Alba, el desarrollo de la minería se hará en sentido contrario a la pendiente del terreno, el desplazamiento de los frentes de trabajo será en dirección horizontal.

## **2.11 Apertura del área.**

La apertura de campo de mina se entiende por el laboreo de las excavaciones mineras que permiten el acceso del medio de transporte desde la 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 y condiciones de yacencia del cuerpo. Por ello la proyección de apertura representa una tarea muy compleja, en la cual varios factores determinantes no pueden ser valorados cuantitativamente, lo que se hace más complicado por su carácter dinámico, puesto que la misma se desarrolla durante todo el periodo de explotación y habitualmente se modifica en dependencia de las condiciones concretas de un banco u otro.

La apertura para la explotación minera en esta área del yacimiento Moa Oriental dará inicio con la construcción de un camino que enlaza el punto donde se proyectó el inicio y apertura del frente de minería con el camino principal que da acceso a la Planta de preparación de pulpa ( Ver Anexo 4).

La apertura como tal comienza con la preparación de una plataforma en el banco 82 (cota +155), en el extremo sureste del Área-11 que es a su vez parte más alta del área, esta se realizará con un buldózer. Este buldózer realizará además el desbroce de esta parte inicial y continuará realizando el mismo trabajo en el resto de área.

Sobre la plataforma preparada con el buldózer se posicionará la retroexcavadora que comenzará con el escombrecido de los bancos 83 al 86, los cuales destapan las primeras reservas minerales localizadas en el banco 87.

El inicio de la remoción de escombros se realizará ubicando la retroexcavadora en el extremo Sureste del banco 83 para comenzar con el escombreo de los primeros bloques de norte a sur avanzando hacia el este, ver Fig.4.

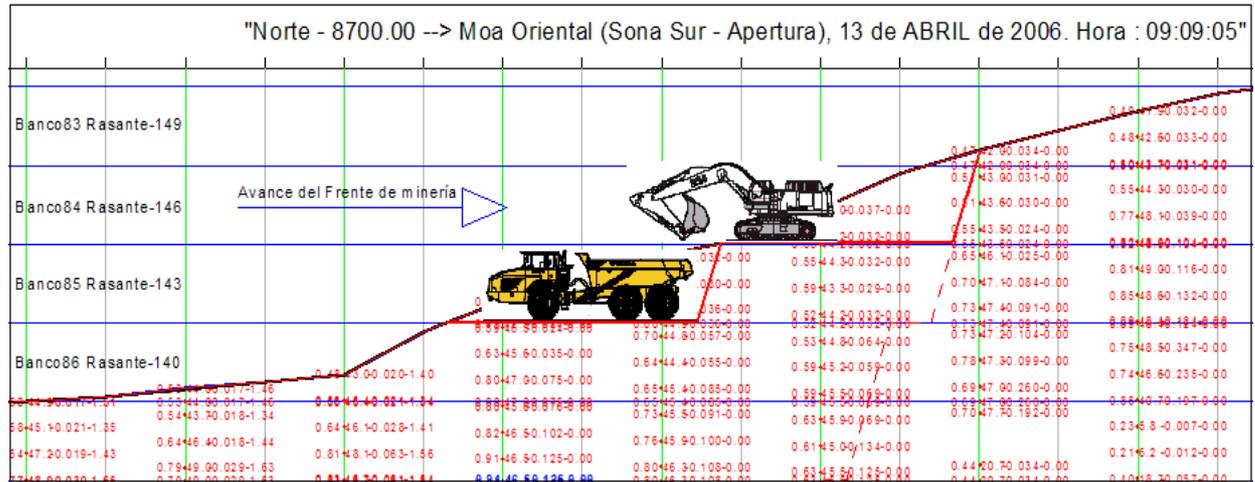


Fig.4. Perfil para el diseño de la apertura del Área-11.

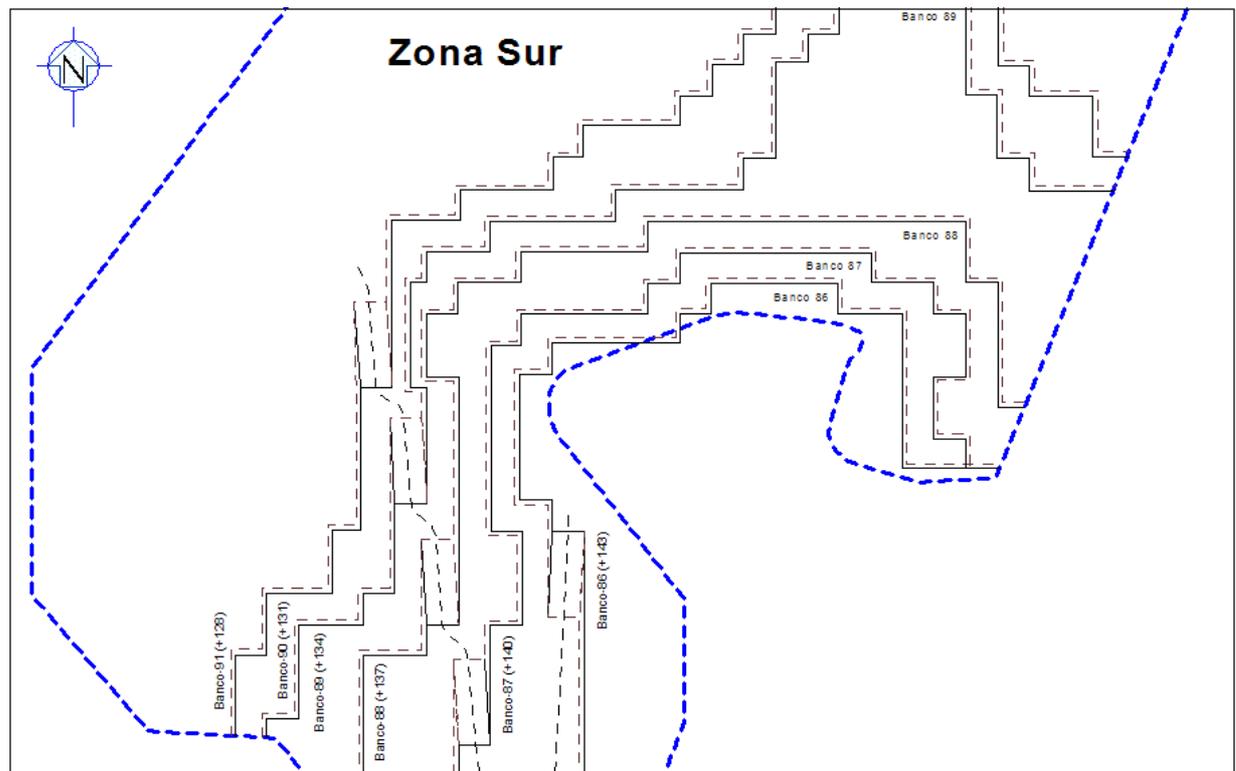


Fig.5. Diseño de apertura y construcción de rampas de acceso de los primeros bancos expuestos.

Conjuntamente con el escombreo se procede a la construcción de trincheras o accesos que comunican un banco con otro y a su vez se accede al camino principal, con lo cual es posible iniciar la extracción del mineral.

## **2.12 Características de explotación del área.**

Como se ha expresado anteriormente, el área para su explotación se dividirá en tres zonas, este trabajo recoge solo la explotación de las zonas Sur y Este, pues la zona Oeste no entra en el plan de minería para el año 2007.

Lo primero que se hará será el desbroce, pero solo de las zonas Sur y Este, pues la zona Oeste no será explotada en el 2007, el cálculo aparece posteriormente.

Luego se hará el escombreo en la zona Este, hasta tener expuestas las primeras 310 000 ton de mineral, reservas que se estiman, alcanzan para 3 meses de explotación.

Para realizar esta tarea, se cuenta con 1 retroexcavadora LIEBHERR 984 para el arranque y la carga, 10 camiones articulados VOLVO A40D para la transportación, y un buldózer Komatsu 56`D125 E-2 de apoyo a la minería.

Simultáneamente se procederá a la preparación de la zona Sur para la construcción del depósito de mineral y de la plataforma de recepción de los camiones de la planta de pulpa nueva. Para ello, se calculara el escombreo y la extracción del mineral que esté sobre la cota +128, utilizando una retroexcavadora LIEBHERR 984 para el arranque y la carga tanto del escombro como del mineral, 10 camiones articulados VOLVO A40D para transportar ambos materiales (Ver Anexos 10 y11), y un buldózer Komatsu 56`D125 E-2 de apoyo a la minería.

Al finalizar el escombreo, se procederá a la carga del mineral, con el equipamiento requerido para cumplir con la parte de la productividad que corresponde al área 11 durante este periodo de explotación, simultáneamente se llevara el escombreo que queda pendiente.

### **2.12.1 Características técnicas del equipamiento.**

#### **1. Buldózer Komatsu 56`D125 E-2**

- Largo: 6060 mm.
- Ancho: 3500 mm

- Potencia: 225 HP/2000 r.p.m.
- Datos de la hoja: Largo: 4365 mm - Alto: 1210 mm

## 2. Retroexcavadora LIEBHERR 984.

- Volumen del cubo:  $V_c = 6\text{m}^3$ .
- Duración del ciclo de trabajo:  $T_c = 25$  seg.
- Longitud de la pluma:  $L_p = 8\ 000$  mm.
- Ancho del cubo:  $A_c = 2\ 600$  mm
- Alcance máximo durante el arranque: 6 m.

## 3. Camiones articulados VOLVO A40D.

- Capacidad de carga: 37t.
- Volumen de la caja (colmado):  $24.9\ \text{m}^3$ .
- Fórmula de ruedas: 6 x 6
- Potencia del motor: Bruto: 313 KW. =426 Hp.
- Peso: Bruto: 68270 kg.  
Neto: 31270 Kg.
- Largo: 11310 mm.
- Ancho: 3432 mm.
- Altura: 3746 mm.
- Máxima pendiente que vence: 12 %.

### 2.13 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 explotables.

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 preestablecida. Los bancos serán divididos en bloques para su explotación de 8 x 8 x 3 m (ancho, largo y profundidad).

### **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-mecánica 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 nuestro caso teniendo 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 m por la inestabilidad del macizo, y por las ventajas que nos ofrece, que son:

- 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 una mejor preparación del frente, así como mejores condiciones durante las operaciones de arranque inferior 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 m. Si la carga se realiza en el mismo nivel de ubicación de la retroexcavadora (a nivel de plataforma) y el camión tiene que retornar a la misma vía para regresar, para lograr que el ángulo de arranque y carga del mineral sea de 90° como máximo, lo recomendable es que el ancho mínimo de la plataforma sea de 16 m.

**Otros índices fundamentales del sistema de explotación.****Velocidad de desplazamiento del frente de arranque.**

$$V_{df} = \frac{Q_{exm}}{A * h}$$

$$V_{df} = \frac{91250}{30 * 3}$$

$$V_{df} = 1013.8 \text{ m / mes}$$

**Velocidad de desplazamiento del banco.**

$$V_{db} = 12 * \frac{Q_{exm}}{L_b * h}$$

$$V_{db} = 12 * \frac{91250}{100 * 3}$$

$$V_{db} = 3650 \text{ m/año}$$

Donde:

$Q_{exm} = 91\ 250 \text{ m}^3/\text{mes}$ , productividad requerida de la excavadora  $\text{m}^3/\text{mes}$ .

**2.14 Cálculo del desbroce.**

Para realizar esta actividad se asignaron 2 buldózers.

**Coefficiente de variación de la productividad que tiene en cuenta la dependencia conjunta de la pendiente del frente de trabajo y la pérdida de material durante el traslado.**

$$K_p = 1 - L_2 \times (\beta)^3$$

$$K_p = 1 - 30 \times (0.008)^3$$

$$K_p = 0.99$$

Donde:

$L_2 = 30 \text{ m}$ . Distancia de arrastre del material.

$\beta = 0.008$ . Coeficiente de corrección.

**Tiempo de ciclo del buldózer.**

$$T = \frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} + \frac{L_1 + L_2}{V_3} + t_{cv} + t_m$$

$$T = \frac{10}{0.8} + \frac{30}{0.9} + \frac{10 + 30}{1.2} + 10 + 40$$

$$T = 12.5 + 33.3 + 33.3 + 10 + 40$$

$$T = 129.13 \text{ s}$$

Donde:

$L_1 = 10$  m. Distancia de corte.

$V_1 = 0.8$  m/s. Velocidad de marcha de la maquina durante el corte.

$V_2 = 0.9$  m/s. Velocidad de marcha de la maquina durante el traslado.

$V_3 = 1.2$  m/s. Velocidad de marcha de la maquina en vacío.

$t_{cv} = 10$  s. Tiempo de cambio de las velocidades.

$t_m = 40$  s. Tiempo de maniobra.

**Volumen de rocas del prisma de arrastre.**

$$V = \frac{h_c \times a_p}{2} \times L_c$$

Donde:

$h_c = 1.21$  m. Altura de la cuchilla.

$L_c = 4.37$  m. Longitud de la cuchilla.

$a_p = 1.75$  m. Ancho del prisma de arrastre.

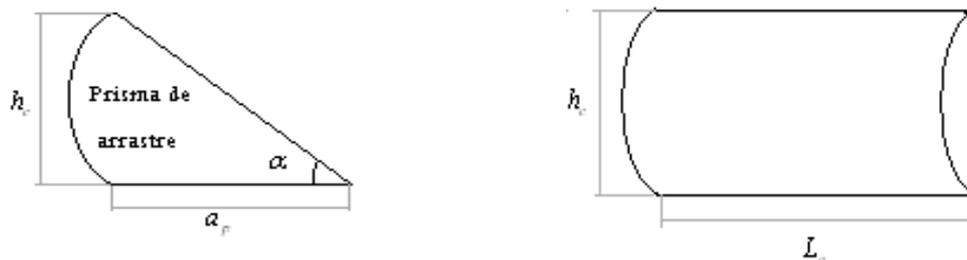


Fig. 6 Parametros de la hoja del buldózer y del prisma de arrastre.

$$\tan \alpha = \frac{\text{sen} \alpha}{\text{cos} \alpha} = \frac{h_c}{a_p}$$

$$a_p = \frac{h_h}{\tan \alpha} = \frac{1.21}{0.72} = 1.68 \text{ m}$$

Donde:

$\alpha = 36^\circ$ . Angulo de reposo natural del material.

$$V = \frac{h_c \times a_p}{2} \times L_c = \frac{1.21 \times 1.68}{2} \times 4.37$$

$$V = 4.44 \text{ m}^3$$

### Productividad horaria.

$$Q = \frac{3600 \times V \times K_p \times K_{dm} \times K_u}{T_c \times K_e}$$

$$Q = \frac{3600 \times 4.44 \times 0.99 \times 0.9 \times 0.83}{129.13 \times 1.3}$$

$$Q = 70.41 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Donde:

$K_e = 1.3$ . Coeficiente de esponjamiento.

$K_u = 0.83$ . Coeficiente de utilización.

$K_{dm} = 0.9$ . Coeficiente de disponibilidad mecánica.

### Productividad por turno.

$$Q_T = Q \times T_t$$

$$Q = 70.41 \times 12$$

$$Q = 844.9 \text{ m}^3 / T$$

Donde:

$T_T = 12 \text{ h}$ . Tiempo de turno.

### Productividad conjunta de los dos bulldozeros.

$$Q_d = Q_T \times 4$$

$$Q_d = 844.9 \times 4$$

$$Q = 3379.9 \text{ m}^3 / \text{día}$$

**Volumen a desbrozar.**

$$V_d = A_{\text{area}} \times c$$

$$V_d = 271508 \times 0.30$$

$$V_d = 81452 \text{ m}^3$$

Donde:

$A_{\text{area}} = 81452 \text{ m}^2$ . Área en metros cuadrados de las zonas Sur y Este..

$c = 0.3 \text{ m}$ . Espesor de la capa a desbrozar.

**Tiempo necesario para el desbroce.**

$$N_b = \frac{V_d}{Q_d} = \frac{81452}{3379.9}$$

$$N_b = 24 \text{ días}$$

**2.15 Cálculo del equipamiento a utilizar en la explotación de Zona Sur.****2.15.1 Cálculo del equipo de arranque – carga del escombros de la zona Sur y tiempo necesario de trabajo.****Productividad teórica.**

$$Q_{\text{teo}} = \frac{3600 \times V_c}{t_{ce}} = \frac{3600 \times 6}{25} = 864 \text{ m}^3 / h$$

**Productividad técnica.**

$$Q_{\text{tec}} = Q_{\text{teo}} \times \frac{K_{lle}}{K_{ee}} = 864 \times \frac{0.95}{1.3} = 631.38 \text{ m}^3 / h$$

Donde:

$K_{lle} = 0.95$ . Coeficiente de llenado de la excavadora.

$K_{ee} = 1.3$ . Coeficiente de esponjamiento del escombros.

**Productividad de explotación.**

$$Q_{\text{ex}} = Q_{\text{tec}} \times K_u \times K_{dt} \times K_{Alle} = 631.38 \times 0.83 \times 0.9 \times 0.754 = 355.6 \text{ m}^3 / h$$

Donde:

$K_u = 0.83$ . Coeficiente de utilización de la excavadora.

$K_{dt} = 0.9$ . Coeficiente de disponibilidad mecánica.

$K_{Alle} = 0.754$ . Coeficiente de afectaciones por lluvias durante el escombros.

**Productividad de explotación por turno.**

$$Q_{exT} = Q_{ex} \times T_T = 355.6 \times 12 = 4267.43 \text{ m}^3 / T$$

**Productividad de explotación diaria.**

$$Q_{dia} = Q_{exT} \times 2 = 4267.43 \times 2 = 8534.86 \text{ m}^3 / dia$$

**Capacidad volumétrica real del cubo.**

$$V_{real} = V_c \times K_{lle}$$

$$V_{real} = 6 \times 0.95$$

$$V_{real} = 5.7 \text{ m}^3.$$

**Capacidad de carga real del cubo.**

$$C_{real} = V_{real} \times \gamma_e$$

$$C_{real} = 5.7 \times 1.46$$

$$C_{real} = 8.3 \text{ t}$$

Donde:

$\gamma_e = 1.46 \text{ t/m}^3$ . Densidad del escombros húmedo suelto.

**Ciclos necesarios para llenar un camión.**

$$C = \frac{V_{cam}}{V_{real}} = \frac{24.9}{5.7} = 4.3 \approx 4 \text{ cubos.}$$

Donde:

$V_{cam} = 24.9 \text{ m}^3$ . Capacidad de carga del camión colmado.

NOTA: Para el cálculo de C, se consideró sólo el volumen, debido a que este material laterítico, ya sea escombros o mineral, es de muy baja densidad.

**Tiempo necesario para el arranque y carga del escombros.**

$$T_{ace} = \frac{A_e}{Q_{exT}} = \frac{346743}{8534.86} = 40 \text{ días}$$

Donde:

$A_e = 346 \text{ 743 m}^3$ . Volumen de escombros contenidos en la zona Sur.

### 2.15.2 Cálculo del equipo transporte para el escombro de la zona Sur y tiempo necesario de trabajo.

#### Tiempo de carga.

$$t_g = C \times t_{ce} \times K = 4 \times 25 \times 1.2 = 120 \text{ s}$$

$$t_g = 2 \text{ min}$$

Donde:

$K=1.2$ . Coeficiente de irregularidad de los trabajos.

#### Tiempo de viaje cargado.

$$T_{vc} = \frac{60 \times L_e}{V_{rc}} = \frac{60 \times 1.2}{17.5} = 4.11 \text{ min}$$

Donde:

$L_e=1.2$  km. Distancia media de transportación del frente a la escombrera (Zona sur = 1.3 km; Zona Este = 0.95 km.)

$V_{rc}=17.5$  km. /h. Velocidad de recorrido cargado.

#### Tiempo de descarga.

$$t_d = 0.65 \text{ min}$$

#### Tiempo de viaje vacío.

$$T_{rv} = \frac{60 \times L_e}{V_{rv}} = \frac{60 \times 1.2}{18} = 4 \text{ min}$$

Donde:

$V_{rv}=18$  km. /h. Velocidad de recorrido vacío.

#### Tiempo de muestreo.

$$t_m = 0 \text{ min}$$

#### Tiempo de limpieza de la cama del camión.

$$t_l = 7 \text{ min}$$

#### Tiempo de maniobra para la carga y la descarga.

$$t_{mcd} = t_{mc} + t_{md} = 1 + 1 = 2 \text{ min}$$

Donde:

$t_{mc}=1$  min. Tiempo de maniobra para la carga.

$t_{md} = 1$  min. Tiempo de maniobra para la descarga.

### Tiempo de ciclo del transporte automotor.

$$T_c = t_g + t_{rc} + t_d + t_{rv} + t_m + t_l + t_{mcd}$$

$$T_c = 2 + 4.11 + 0.65 + 4 + 0 + 7 + 2$$

$$T_c = 19.76 \text{ min} = 0.32 \text{ h}$$

### Cantidad de viajes para un camión.

$$N_v = \frac{T_T - (T_{oc} + T_m + T_a + T_p)}{T_c}$$

$$N_v = \frac{12 - (0.25 + 1.125 + 0.58 + 1.08)}{0.32}$$

$$N_v = 28.0 \approx 28 \text{ viajes}$$

Donde:

$T_{oc} = 0.25$  h. Tiempo para las operaciones de cambio de turno.

$T_m = 1.125$  h. Tiempo destinado al descanso correspondiente a las meriendas y al almuerzo.

$T_a = 0.58$  h. Tiempo de descanso medio entre la noche y el día.

Noche = 0.75 h.

Día = 0.5 h.

$T_p = 1.08$  h. Tiempo perdido por otras causas.

### Cantidad de rocas que caben en un camión.

$$V_{cam} = C \times V_{creal} = 4 \times 5.7$$

$$V_{cam} = 22.8 \text{ m}^3$$

### Productividad de un camión por turno.

$$Q_{exT} = N_v \times C_{cam} \times K_{Alle} \times K_{dm}$$

$$Q_{exT} = 28 \times 22.8 \times 0.754 \times 0.9$$

$$Q_{exT} = 433.2 \text{ m}^3 / T$$

### Productividad conjunta del transporte asignado por día.

$$Q_T = Q_{exT} \times 10 \times 2$$

$$Q_T = 433.2 \times 10 \times 2$$

$$Q_T = 8664 \text{ m}^3 / dia$$

**Tiempo necesario para transportar el escombros.**

$$T = \frac{A_m}{Q_T} = \frac{346743}{8664} = 40 \text{ días}$$

**2.15.3 Cálculo del equipo de arranque-carga para el mineral procedente de la zona sur que se encuentra por encima de la cota +128 y tiempo necesario de trabajo.****Productividad teórica.**

$$Q_{teo} = \frac{3600 \times V_c}{t_{ce}} = \frac{3600 \times 6}{25} = 864 \text{ m}^3 / h$$

**Productividad técnica.**

$$Q_{tec} = Q_{teo} \times \frac{K_{lle}}{K_{em}} = 864 \times \frac{0.95}{1.37} = 599 \text{ m}^3 / h$$

Donde:

$K_{em} = 1.37$ . Coeficiente de esponjamiento del mineral.

**Productividad de explotación.**

$$Q_{ex} = Q_{teo} \times K_u \times K_{dt} \times K_{allm} \times \gamma_m = 599 \times 0.83 \times 0.9 \times 0.97 \times 1.2 = 520.8 \text{ t} / h$$

Donde:

$K_{Allm} = 0.97$ . Coeficiente de afectaciones por lluvia en la extracción de mineral.

$\gamma_m = 1.2 \text{ t/m}^3$ . Densidad del mineral húmedo suelto.

**Productividad por turno.**

$$Q_{exT} = Q_{ex} \times T_T = 520.8 \times 12 = 6250.0 \text{ t} / T$$

**Productividad por día.**

$$Q_{exD} = Q_{exT} \times 2 = 6250.0 \times 2 = 12500 \text{ t} / día$$

**Capacidad volumétrica real del cubo.**

$$V_{real} = V_c \times K_{lle}$$

$$V_{real} = 6 \times 0.95$$

$$V_{real} = 5.7 \text{ m}^3.$$

**Capacidad de carga real del cubo.**

$$C_{real} = V_{real} \times \gamma_m$$

$$C_{real} = 5.7 \times 1.2$$

$$C_{real} = 6.84 \text{ t}$$

**Cantidad de ciclos para un camión.**

$$C = \frac{V_{cam}}{V_{real}} = \frac{24.9}{5.7} = 4.3 \approx 4 \text{ ciclos}$$

**Tiempo para arrancar y cargar el mineral.**

$$T_{acm} = \frac{A_m}{Q_{esD}} = \frac{155700}{12500} = 12.5 \text{ días}$$

Donde:

$A_m = 155700$  t. Cantidad de mineral procedente de la Zona Sur que se encuentra por encima de la cota +128.

**2.15.4 Cálculo del equipo transporte del mineral de la zona sur que se encuentra por encima de la cota +128 y tiempo necesario de trabajo.****Tiempo de carga.**

$$t_g = C \times t_{ce} \times K = 4 \times 25 \times 1.2 = 120 \text{ s}$$

$$t_g = 2 \text{ min}$$

**Tiempo de viaje cargado.**

$$T_{vc} = \frac{60 \times L_m}{V_{rc}} = \frac{60 \times 1.3}{17.5} = 4.45 \text{ min}$$

Donde:

$L_m = 1.3$  km. Distancia de transportación del frente al depósito.

**Tiempo de descarga.**

$$t_d = 0.65 \text{ min}$$

**Tiempo de viaje vacío.**

$$T_{rv} = \frac{60 \times L_m}{V_{rv}} = \frac{60 \times 1.3}{18} = 4.33 \text{ min}$$

**Tiempo de muestreo.**

$$t_m = 12 \text{ min}$$

**Tiempo de limpieza de la cama del camión.**

$$t_l = 7 \text{ min}$$

**Tiempo de maniobra para la carga y la descarga.**

$$t_{mcd} = t_{mc} + t_{md} = 1 + 1 = 2 \text{ min}$$

**Tiempo de ciclo del transporte automotor.**

$$T_c = t_g + t_{rc} + t_d + t_{rv} + t_m + t_l + t_{mcd}$$

$$T_c = 2 + 4.45 + 0.65 + 4.33 + 12 + 7 + 2$$

$$T_c = 32.43 \text{ min} = 0.54 \text{ h}$$

**Cantidad de viajes para un camión.**

$$N_v = \frac{T_T - (T_{oc} + T_m + T_a + T_p)}{T_c}$$

$$N_v = \frac{12 - (0.25 + 1.125 + 0.58 + 1.08)}{0.54}$$

$$N_v = 16.8 \approx 17 \text{ viajes}$$

**Cantidad de rocas que caben en el cubo de la retroexcavadora.**

$$C_{real} = V_{real} \times \gamma_m = 5.7 \times 1.2 = 6.84 \text{ t}$$

**Cantidad de rocas que caben en un camión.**

$$C_{cam} = C_{real} \times V_{creal} = 4 \times 6.84$$

$$C_{cam} = 27.36 \text{ t}$$

**Productividad de un camión por turno.**

$$Q_{exT} = N_v \times C \times K_{dm} \times K_{All}$$

$$Q_{exT} = 17 \times 27.36 \times 0.97 \times 0.9$$

$$Q_{exT} = 396.4 \text{ t/T}$$

**Productividad conjunta diaria de los camiones asignados.**

$$Q_T = Q \times 10 \times 2$$

$$Q_T = 396.4 \times 10 \times 2$$

$$Q_T = 7928 \text{ t/dia}$$

**Tiempo necesario para transportar el mineral.**

$$T = \frac{A_m}{Q_T} = \frac{155700}{7928} = 19.5 \text{ días}$$

**Tabla # 7. Resultado del cálculo de los tiempos necesarios de laboreo de la zona Sur.**

Tiempo necesario para la extracción del escombros. (días)	40
Tiempo para arrancar y cargar el mineral. (días)	12.5
Tiempo necesario para transportar el mineral. (días)	19.5

**2.16 Calculo del equipo de arranque - carga para tener listas 310 000 t de mineral.****Productividad teórica.**

$$Q_{teo} = \frac{3600 \times V_c}{t_{ce}} = \frac{3600 \times 6}{25} = 864 \text{ m}^3 / h$$

**Productividad técnica.**

$$Q_{tec} = Q_{teo} \times \frac{K_{lle}}{K_{ee}} = 864 \times \frac{0.95}{1.3} = 631.38 \text{ m}^3 / h$$

**Productividad de explotación.**

$$Q_{ex} = Q_{teo} \times K_u \times K_{dt} \times K_{Alle} = 631.38 \times 0.83 \times 0.9 \times 0.754 = 355.6 \text{ m}^3 / h$$

**Productividad de explotación por turno.**

$$Q_{exT} = Q_{ex} \times T_T = 355.6 \times 12 = 4267.43 \text{ m}^3 / T$$

**Productividad diaria en escombros.**

$$Q_{anual} = Q_{exT} \times 2$$

$$Q_{anual} = 4267.43 \times 2$$

$$Q_{anual} = 8534.86 \text{ m}^3 / dia$$

**Capacidad volumétrica real del cubo.**

$$V_{real} = V_c \times K_{lle}$$

$$V_{real} = 6 \times 0.95$$

$$V_{real} = 5.7 \text{ m}^3.$$

**Capacidad de carga real del cubo.**

$$C_{real} = V_{real} \times \gamma_e$$

$$C_{real} = 5.7 \times 1.46$$

$$C_{real} = 8.3 \text{ t}$$

**Ciclos necesarios para llenar un camión.**

$$C = \frac{V_{cam}}{V_{real}} = \frac{24.9}{5.7} = 4.3 \approx 4 \text{ cubos.}$$

**Tiempo necesario para el arranque y carga del escombros.**

$$T_{ace} = \frac{A_e}{Q_{exT}} = \frac{541534}{8534.86} = 63 \text{ días}$$

Donde:

$A_e = 541\,534 \text{ m}^3$ . Volumen de escombros a mover para tener listas 310 000 ton de mineral.

**2.16.1 Cálculo del equipo de transporte del escombros.****Tiempo de carga.**

$$t_g = C \times t_{ce} \times K = 4 \times 25 \times 1.2 = 120 \text{ s}$$

$$t_g = 2 \text{ min}$$

Donde:

$K=1.2$ . Coeficiente de irregularidad de los trabajos.

**Tiempo de viaje cargado.**

$$T_{vc} = \frac{60 \times L_e}{V_{rc}} = \frac{60 \times 0.95}{17.5} = 3.25 \text{ min}$$

Donde:

$L_e=0.95 \text{ km}$ . Distancia de transportación la zona este a la escombrera.

$V_{rc}=17.5 \text{ km. /h}$ . Velocidad de recorrido cargado.

**Tiempo de descarga.**

$$t_d = 0.65 \text{ min}$$

**Tiempo de viaje vacío.**

$$T_{rv} = \frac{60 \times L_e}{V_{rv}} = \frac{60 \times 0.95}{18} = 3.16 \text{ min}$$

Donde:

$V_{rv} = 18 \text{ km. /h.}$  Velocidad de recorrido vacío.

**Tiempo de muestreo.**

$$t_m = 0 \text{ min}$$

**Tiempo de limpieza de la cama del camión.**

$$t_l = 7 \text{ min}$$

**Tiempo de maniobra para la carga y la descarga.**

$$t_{mcd} = t_{mc} + t_{md} = 1 + 1 = 2 \text{ min}$$

**Tiempo de ciclo del transporte automotor.**

$$T_c = t_g + t_{rc} + t_d + t_{rv} + t_m + t_l + t_{mcd}$$

$$T_c = 2 + 3.25 + 0.65 + 3.16 + 0 + 7 + 2$$

$$T_c = 18.06 \text{ min} = 0.3 \text{ h}$$

**Cantidad de viajes para un camión.**

$$N_v = \frac{T_T - (T_{oc} + T_m + T_a + T_p)}{T_c}$$

$$N_v = \frac{12 - (0.25 + 1.125 + 0.58 + 1.08)}{0.3}$$

$$N_v = 29.9 \approx 30 \text{ viajes}$$

**Cantidad de rocas que caben en un camión.**

$$V_{cam} = C \times V_{creal} = 4 \times 5.7$$

$$V_{cam} = 22.8 \text{ m}^3$$

**Productividad de un camión por turno.**

$$Q_{exT} = N_v \times C_{cam} \times K_{Alle} \times K_{dm}$$

$$Q_{exT} = 30 \times 22.8 \times 0.754 \times 0.9$$

$$Q_{exT} = 465.7 \text{ m}^3 / T$$

**Productividad conjunta del transporte asignado.**

$$Q_T = Q_{exT} \times 2 \times 10$$

$$Q_T = 465.7 \times 2 \times 10$$

$$Q_T = 9314 \text{ m}^3 / \text{dia}$$

**Tiempo necesario para transportar el escombros.**

$$T = \frac{A_m}{Q_T} = \frac{541534}{9314} = 58 \text{ días}$$

Donde:

$A = 541\,534 \text{ m}^3$ . Cantidad de escombros que se extraer para tener listas 310 000 ton de mineral procedentes de la zona Este.

El escombros iniciara 2.1 meses (2 meses 3 días) antes del 1 ro de enero del 2007.

**2.17 Cálculo del equipamiento a utilizar en la explotación de la Zona Este.****2.17.1 Cálculo del equipo de arranque- carga del resto del escombros procedente de la zona Este.****Productividad teórica.**

$$Q_{teo} = \frac{3600 \times V_c}{t_{ce}} = \frac{3600 \times 6}{25} = 864 \text{ m}^3 / h$$

**Productividad técnica.**

$$Q_{tec} = Q_{teo} \times \frac{K_{lle}}{K_{ee}} = 864 \times \frac{0.95}{1.3} = 631.38 \text{ m}^3 / h$$

**Productividad de explotación.**

$$Q_{ex} = Q_{teo} \times K_u \times K_{dt} \times K_{Alle} = 631.38 \times 0.83 \times 0.9 \times 0.754 = 355.6 \text{ m}^3 / h$$

Donde:

**Productividad de explotación por turno.**

$$Q_{exT} = Q_{ex} \times T_T = 355.6 \times 12 = 4267.43 \text{ m}^3 / T$$

**Productividad diaria en escombros.**

$$Q_{anual} = Q_{exT} \times 2$$

$$Q_{anual} = 4267.43 \times 2$$

$$Q_{anual} = 8534.86 \text{ m}^3 / \text{dia}$$

**Capacidad volumétrica real del cubo.**

$$V_{real} = V_c \times K_{lle}$$

$$V_{real} = 6 \times 0.95$$

$$V_{real} = 5.7 m^3.$$

**Capacidad de carga real del cubo.**

$$C_{real} = V_{real} \times \gamma_e$$

$$C_{real} = 5.7 \times 1.46$$

$$C_{real} = 8.3 t$$

**Ciclos necesarios para llenar un camión.**

$$C = \frac{V_{cam}}{V_{real}} = \frac{24.9}{5.7} = 4.3 \approx 4 \text{ cubos.}$$

**Tiempo necesario para arrancar y cargar el escombros.**

$$N_e = \frac{A}{Q_d} = \frac{1084959}{8534.86} = 127 \text{ dias.}$$

Donde:

$A = 1\ 084\ 959 m^3$ . Cantidad de escombros restante de la zona Este.

**2.17.2 Cálculo del equipo de transporte del escombros restante de la zona Este.****Tiempo de carga.**

$$t_g = C \times t_{ce} \times K = 4 \times 25 \times 1.2 = 120 s$$

$$t_g = 2 \text{ min}$$

**Tiempo de viaje cargado.**

$$T_{vc} = \frac{60 \times L_e}{V_{rc}} = \frac{60 \times 0.95}{17.5} = 3.25 \text{ min}$$

Donde:

$L_e = 0.95 \text{ km}$ . Distancia de transportación la zona este a la escombrera.

$V_{rc} = 17.5 \text{ km. /h}$ . Velocidad de recorrido cargado.

**Tiempo de descarga.**

$$t_d = 0.65 \text{ min}$$

**Tiempo de viaje vacío.**

$$T_{rv} = \frac{60 \times L_e}{V_{rv}} = \frac{60 \times 0.95}{18} = 3.16 \text{ min}$$

Donde:

$V_{rv} = 18 \text{ km. /h.}$  Velocidad de recorrido vacío.

**Tiempo de muestreo.**

$$t_m = 0 \text{ min}$$

**Tiempo de limpieza de la cama del camión.**

$$t_l = 7 \text{ min}$$

**Tiempo de maniobra para la carga y la descarga.**

$$t_{mcd} = t_{mc} + t_{md} = 1 + 1 = 2 \text{ min}$$

**Tiempo de ciclo del transporte automotor.**

$$T_c = t_g + t_{rc} + t_d + t_{rv} + t_m + t_l + t_{mcd}$$

$$T_c = 2 + 3.25 + 0.65 + 3.16 + 0 + 7 + 2$$

$$T_c = 18.06 \text{ min} = 0.3 \text{ h}$$

**Cantidad de viajes para un camión.**

$$N_v = \frac{T_T - (T_{oc} + T_m + T_a + T_p)}{T_c}$$

$$N_v = \frac{12 - (0.25 + 1.125 + 0.58 + 1.08)}{0.3}$$

$$N_v = 29.9 \approx 30 \text{ viajes}$$

**Cantidad de rocas que caben en un camión.**

$$V_{cam} = C \times V_{creal} = 4 \times 5.7$$

$$V_{cam} = 22.8 \text{ m}^3$$

**Productividad de un camión por turno.**

$$Q_{exT} = N_v \times C_{cam} \times K_{Alle} \times K_{dm}$$

$$Q_{exT} = 30 \times 22.8 \times 0.754 \times 0.9$$

$$Q_{exT} = 465.7 \text{ m}^3 / T$$

**Productividad diaria conjunta del transporte asignados.**

$$Q_T = Q_{exT} \times 2 \times 10$$

$$Q_T = 465.7 \times 2 \times 10$$

$$Q_T = 9314 \text{ m}^3 / \text{dia}$$

**Tiempo necesario para transportar el escombros.**

$$T = \frac{A_m}{Q_T} = \frac{1084959}{9314} = 116 \text{ días}$$

Donde:

$A = 1\ 084\ 959 \text{ m}^3$ . Cantidad de escombros restante de la zona Este

**2.17.3 Cálculo del equipo de arranque- carga en mineral.****Productividad teórica.**

$$Q_{teo} = \frac{3600 \times V_c}{t_{ce}} = \frac{3600 \times 6}{25} = 864 \text{ m}^3 / \text{h}$$

**Productividad técnica.**

$$Q_{tec} = Q_{teo} \times \frac{K_{lle}}{K_{em}} = 864 \times \frac{0.95}{1.37} = 599 \text{ m}^3 / \text{h}$$

**Productividad de explotación.**

$$Q_{ex} = Q_{teo} \times K_u \times K_{dt} \times K_{allm} \times \gamma_m = 599 \times 0.83 \times 0.9 \times 0.97 \times 1.2 = 520.8 \text{ t/h}$$

**Productividad por turno.**

$$Q_{exT} = Q_{ex} \times T_T = 520.8 \times 12 = 6250.0 \text{ t/T}$$

**Productividad anual de la excavadora en mineral.**

$$Q_{anual} = Q_{dia} \times D$$

$$Q_{anual} = 12502 \times 635$$

$$Q_{anual} = 4563346.8 \text{ t/año}$$

**Capacidad volumétrica real del cubo.**

$$V_{real} = V_c \times K_{lle}$$

$$V_{real} = 6 \times 0.95$$

$$V_{real} = 5.7 \text{ m}^3.$$

**Capacidad de carga real del cubo.**

$$C_{real} = V_{real} \times \gamma_m$$

$$C_{real} = 5.7 \times 1.2$$

$$C_{real} = 6.84 \text{ t}$$

**Cantidad de ciclos para un camión.**

$$C = \frac{V_{cam}}{V_{real}} = \frac{24.9}{5.7} = 4.3 \approx 4 \text{ ciclos}$$

**Cantidad de excavadoras necesarias para asegurar la productividad.**

$$N_e = \frac{A}{Q_a} = \frac{1332700}{4563346.8} = 0.29 \approx 1 \text{ excavadora.}$$

Donde:

$A = 1\ 332\ 700$  t. Cantidad de mineral a extraer durante un año.

**2.17.4 Cálculo del equipo de transporte en mineral.****Tiempo de carga.**

$$t_g = C \times t_c \times K = 4 \times 25 \times 1.2 = 120 \text{ s}$$

$$t_g = 2 \text{ min}$$

**Tiempo de viaje cargado.**

$$T_{vc} = \frac{60 \times L}{V_{rc}} = \frac{60 \times 7}{20} = 21 \text{ min}$$

Donde:

$L = 7$  km. Distancia de transportación del frente a planta de pulpa.

$V_{rc} = 20$  km. /h Velocidad de recorrido cargado.

**Tiempo de descarga.**

$$t_d = 0.65 \text{ min}$$

**Tiempo de viaje vacío.**

$$T_{rv} = \frac{60 \times L}{V_{rv}} = \frac{60 \times 7}{21} = 20 \text{ min}$$

Donde:

$V_{rv} = 21$  km. /h. Velocidad de recorrido vacío.

**Tiempo de muestreo.**

$$t_m = 12 \text{ min}$$

**Tiempo de limpieza de la cama del camión.**

$$t_l = 7 \text{ min}$$

**Tiempo de maniobra para la carga y la descarga.**

$$t_{mcd} = t_{mc} + t_{md} = 1 + 1 = 2 \text{ min}$$

**Tiempo de ciclo del transporte automotor.**

$$T_c = t_g + t_{rc} + t_d + t_{rv} + t_m + t_l + t_{mcd}$$

$$T_c = 2 + 21 + 0.65 + 20 + 12 + 7 + 2$$

$$T_c = 64.55 \text{ min} = 1.06 \text{ h}$$

**Cantidad de viajes para un camión.**

$$N_v = \frac{T_t - (T_{oc} + T_d + T_a + T_p)}{T_c}$$

$$N_v = \frac{12 - (0.25 + 1.125 + 0.58 + 1.08)}{1.07}$$

$$N_v = 8.38 \approx 8 \text{ viajes}$$

**Cantidad de rocas que caben en el cubo de la retroexcavadora.**

$$C_c = V_c \times \gamma_m = 5.7 \times 1.2 = 6.84 \text{ t}$$

**Cantidad de rocas que caben en un camión.**

$$C = N \times V_{creal} = 4 \times 6.84$$

$$C = 27.36 \text{ t}$$

**Productividad de un camión por turno.**

$$Q = N_v \times C \times K_{dm} \times K_{All}$$

$$Q = 8 \times 27.36 \times 0.97 \times 0.9$$

$$Q = 191.0 \text{ t/T}$$

**Productividad anual de un camión.**

$$Q_a = Q \times 2 \times D$$

$$Q_a = 191.0 \times 2 \times 365$$

$$Q_a = 139430.0 \text{ t/año}$$

**Cantidad de camiones para asegurar la productividad.**

$$C_c = \frac{A}{Q_{\text{anual}}} = \frac{1332700}{139430.0} = 9.55 \approx 10 \text{ camiones}$$

### CAPITULO III. CÁLCULO ECONÓMICO.

#### 3.1 Introducción.

El parámetro fundamental que indica la efectividad de cualquier operación o empresa que se haga es el costo de producción de una tonelada de mineral extraído. Por eso se tiene 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.

#### 3.2 Gastos directos que se originan durante las labores de desbroce en la zona Sur y la zona Este.

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 #8. Gasto por concepto de salarios  $G_{s(desbroce)}$**

Puesto de trabajo	Cantidad	Salario del mes (\$)	Tiempo de trabajo (meses)	Salario (\$)
Operador de buldózer.	2	437,58	0.8	700.12
<b>Total</b>				<b>\$ 700.12</b>

**Tabla #9. Gastos por concepto de depreciación de equipos  $G_{e(desbroce)}$**

Equipos	Cantidad	Valor inicial (\$)	Vida útil (años)	Depreciación 20% (\$/año)	Depreciación Total (\$)
Buldózer	2	650 000	5	130 000	17 333.33
<b>Total</b>					<b>\$ 17 333.33</b>

**Tabla #10. Gastos por concepto de consumo de combustible  $G_{c(desbroce)}$** 

Equipos	Cantidad	Consumo inicial (L/horas)	Total de horas trabajadas (h)	Precio del litro (\$)	Costo total anual (\$)
Bulldózer	2	28	480	0.65	17 472
<b>Total</b>					<b>\$17 472</b>

**Gastos directos durante el desbroce.**

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

$$G_{d(desbroce)} = 700.12 + 17333.33 + 17472$$

$$G_{d(desbroce)} = 35505.45 \$$$

**3.3 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 #11. Gastos por concepto de salario zona Sur  $G_{s(destape)}$** 

Operadores de equipos	Cantidad	Salario mensual (\$)	Tiempo de trabajo (meses)	Salario total (\$)
Chofer de camión.	10	496,27	1.3	6 451.51
Operador de retroexcavadora.	1	463,21	1.3	602.17
Operador de bulldózer	1	437,58	1.3	568.85
<b>Total</b>				<b>\$7 622.53</b>

**Tabla #12. Gastos por concepto de salario zona Este  $G_{s(destape)}$** 

Operadores de equipos	Cantidad	Salario mensual (\$)	Tiempo de trabajo (meses)	Salario total (\$)
Chofer de camión.	10	496,27	5.8	28 783.66
Operador de retroexcavadora.	1	463,21	5.8	2 686.61
Operador de bulldózer	1	437,58	5.8	2 537.96
<b>Total</b>				<b>\$34 008.23</b>

**Tabla #13. Gastos por concepto de depreciación de equipos zona Sur  $G_{d(destape)}$** 

Equipos	Cantidad	Valor inicial (\$)	Vida útil (años)	Depreciación 20% (\$/año)	Depreciación Total (\$)
Camión articulado VOLVO A40D	10	450 000	5	90 000	97 500
Retroexcavadora	1	1 200 000	5	240 000	26 000
Bulldózer	1	650 000	5	130 000	14 083.33
<b>Total</b>					<b>\$137 583.33</b>

**Tabla #14. Gastos por concepto de depreciación de equipos Zona Este  $G_{d(destape)}$** 

Equipos	Cantidad	Valor inicial (\$)	Vida útil (años)	Depreciación 20% (\$/año)	Depreciación Total (\$)
Camión articulado VOLVO A40D	10	450 000	5	90 000	435 000
Retroexcavadora	1	1 200 000	5	240 000	116 000
Bulldózer	1	650 000	5	130 000	62 833.33
<b>Total</b>					<b>\$613 833.33</b>

**Tabla #15. Gastos por concepto de combustible zona Sur  $G_{c(destape)}$** 

Equipos	Cantidad	Consumo horario (L/hora)	Total de horas trabajadas (h).	Precio (\$/año)	Costo total (\$)
Camión articulado VOLVO A40D	10	29	9 600	0,65	180 960
Retroexcavadora	1	25	960	0,65	15 600
Bulldózer	1	28	960	0,65	17 472
<b>Total</b>					<b>\$214 032</b>

**Tabla #16. Gastos por concepto de combustible zona Este  $G_{c(destape)}$** 

Equipos	Cantidad	Consumo horario (L/hora)	Total de horas trabajadas (h).	Precio (\$/año)	Costo total (\$)
Camión articulado VOLVO A40D	10	29	41 760	0,65	787 176
Retroexcavadora	1	25	4 176	0,65	67 860
Bulldózer	1	28	4 176	0,65	76 003
<b>Total</b>					<b>\$931 039</b>

**Gastos directos durante el destape zona Sur.**

$$G_{d(\text{destape})ZS} = G_{s(\text{destape})} + G_{d(\text{destape})} + G_{c(\text{destape})}$$

$$G_{d(\text{destape})ZS} = 7622.53 + 137583.33 + 214\,032$$

$$G_{d(\text{destape})ZS} = 359237.86 \$$$

**Gastos directos durante el destape zona Este.**

$$G_{d(\text{destape})ZE} = G_{s(\text{destape})} + G_{d(\text{destape})} + G_{c(\text{destape})}$$

$$G_{d(\text{destape})ZE} = 34\,008.23 + 613833.33 + 931039$$

$$G_{d(\text{destape})ZE} = 1578880.56 \$$$

**Gastos directos totales durante el destape.**

$$G_{dtD} = G_{d(\text{destape})ZS} + G_{d(\text{destape})ZE}$$

$$G_{dtD} = 359237.86 + 1578880.56$$

$$G_{dtD} = 1938118.42 \$$$

**3.4 Gastos originados por la actividad de extracción.**

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

**Tabla # 17. Gastos por concepto de salario zona Sur  $G_{s(\text{extraccion})}$** 

Operador del equipo	Cantidad	Salario mensual (\$)	Tiempo de trabajo (meses)	Salario total (\$)
Chofer de camión.	10	496,27	0.65	3225.75
Operador de retroexcavadora.	1	463,21	0.65	301.08
Operador de buldózer	1	437,58	0.65	284.42
<b>Total</b>				<b>\$ 3 811.97</b>

**Tabla # 18. Gastos por concepto de salario zona Este  $G_s(\text{extraccion})$** 

Operador del equipo	Cantidad	Salario mensual (\$)	Tiempo de trabajo (meses)	Salario total (\$)
Chofer de camión.	10	496,27	12	59552.40
Operador de retroexcavadora.	1	463,21	12	5558.52
Operador de buldózer	1	437,58	12	5250.96
<b>Total</b>				<b>\$ 70 361.88</b>

**Tabla #19. Gastos por concepto de depreciación de equipos zona Sur  $G_d(\text{extraccion})$** 

Equipos	Cantidad	Valor inicial (\$)	Vida útil (años)	Depreciación 20% \$/año)	Depreciación Total (\$)
Camión articulado VOLVO A40D	10	450 000	5	90 000	48 750
Buldózer	1	650 000	5	130 000	7 041.66
Retroexcavadora.	1	1 200 000	5	240 000	13 000
<b>Total</b>					<b>\$ 68 791.66</b>

**Tabla #20. Gastos por concepto de depreciación de equipos zona Este  $G_d(\text{extraccion})$** 

Equipos	Cantidad	Valor inicial (\$)	Vida útil (años)	Depreciación 20% \$/año)	Depreciación Total (\$)
Camión articulado VOLVO A40D	10	450 000	5	90 000	900 000
Buldózer	1	650 000	5	130 000	130 000
Retroexcavadora.	1	1 200 000	5	240 000	240 000
<b>Total</b>					<b>\$ 1 270 000</b>

**Tabla #21. Gastos por concepto de combustible zona Sur  $G_c(\text{extraccion})$** 

Equipos	Cantidad	Consumo horario (L/hora)	Total de horas trabajadas (h)	Precio (\$/año)	Costo total (\$)
Camión articulado VOLVOA40D	10	29	3 900	0.65	735 15
Buldózer	1	28	390	0.65	7 098
Retroexcavadora.	1	25	390	0.65	6 337.5
<b>Total</b>					<b>\$86950.5</b>

**Tabla #22. Gastos por concepto de combustible zona Este  $G_{c(extraccion)}$** 

Equipos	Cantidad	Consumo horario (L/hora)	Total de horas trabajadas (h)	Precio (\$/año)	Costo total (\$)
Camión articulado VOLVOA40D	10	29	72 000	0.65	1 357 200
Buldozer	1	28	7 200	0.65	131 040
Retroexcavadora.	1	25	7 200	0.65	117 000
<b>Total</b>					<b>\$1 605 240</b>

**Gastos directos durante la extracción zona Sur.**

$$G_{d(extraccion)ZS} = G_{s(extraccion)} + G_{d(extraccion)} + G_{c(extraccion)}$$

$$G_{d(extraccion)ZS} = 3811.97 + 68791.66 + 86950.5$$

$$G_{d(extraccion)ZS} = 159553.6 \$$$

**Gastos directos durante el extracción zona Este.**

$$G_{d(extraccion)} = G_{s(extraccion)} + G_{d(extraccion)} + G_{c(extraccion)}$$

$$G_{d(extraccion)} = 70361.88 + 1270000 + 165240$$

$$G_{d(extraccion)} = 2945601.88 \$$$

**Gastos directos totales durante la extracción.**

$$G_{dtE} = G_{d(extraccion)ZS} + G_{d(extraccion)ZE}$$

$$G_{dtE} = 159553.6 + 2945601.88$$

$$G_{dtE} = 3105155.51 \$$$

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 de la empresa Moa Níkel 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.

### 3.5 Gastos por concepto de mantenimiento.

Estos gastos ( $G_m$ ) se obtienen considerando la suma de los costos de mantenimiento por hora de operación ( $C_{hop}$ ) multiplicado por la cantidad de horas de operaciones de cada equipo, planificadas durante el tiempo que se explotará.

**Tabla #23. Gastos por concepto de mantenimiento ( $G_m$ )**

Equipos	Horas de operaciones	Costo de mantenimiento/hora de operaciones (\$)	Costo total (\$)
Camión articulado VOLVO A40D.	29 841	10.8	322 278.9
Bulldózer.	15687	22.54	353 584.98
Retroexcavadora.	6677.6	32.5	217 022
<b>Total</b>			<b>\$892885.88</b>

### 3.6 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 emplea la referida tarifa.

$$G_{(refo)} = 0.31 \times A$$

$$G_{(refo)} = 0.31 \times 1588400$$

$$G_{(refo)} = 461404 \$$$

### 3.7 Gastos directos generales.

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

$$G_{dg} = 35505.45 + 1938118.42 + 3105155.51 + 892885.88 + 461404$$

$$G_{dg} = 6433069.26 \$$$

**3.8 Gastos indirectos.**

$$G_{ind} = G_{dg} \times 0.06$$

$$G_{ind} = 6433069.26 \times 0.06$$

$$G_{ind} = 385984.15 \$$$

**3.9 Gastos totales.**

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

$$G_{totales} = 6433069.26 + 385984.15$$

$$G_{totales} = 6819053.41 \$$$

**3.10 Costo de producción por tonelada de mineral extraído.**

$$C_{prd} = \frac{G_{totales}}{A}$$

$$C_{prd} = \frac{6819053.41}{1488411}$$

$$C_{prd} = 4.58 \$ / tonelada$$

## **CAPÍTULO IV. IMPACTO AMBIENTAL Y PROTECCION E HIGIENE DEL TRABAJO.**

### **4.1 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 materia prima. 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.

### **4.2 Alteraciones ambientales producto de la explotación.**

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 (Pereira 2001). 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. La explotación de la fase 22 desde el punto de vista genérico causará una serie de pérdidas y alteraciones a los fundamentales recursos naturales de la zona.

**Las afectaciones más frecuentes producidas al medio ambiente por estas actividades son:**

1. Cambios geomorfológicos.
2. Contaminación de las aguas.
3. Obstrucción y encenagamiento de los arroyos y ríos.
4. Erosión eólica, proceso de deflación y contaminación coniótica.
5. Erosión por las aguas.
6. Destrucción de la vegetación.
7. Afectación al paisaje.
8. Pérdida de la biodiversidad.
9. Emigración de la fauna.
10. Alteración de las rutinas migratorias.
11. Ocupación del terreno por escombreras.
12. Cambios en el régimen termodinámico de la zona.
13. Cambios en el régimen hidrogeológico de la zona.
14. Aceleración del proceso erosivo general.
15. Inestabilidad de los terrenos.

Estas afectaciones se incrementan cuando estas áreas permanecen mayor cantidad de tiempo sin ser rehabilitada, estas áreas despobladas están expuestas a factores que inciden en ellos que dañan considerablemente el medio. Uno de estos los más significativo ocurre con el arrastre de sedimentos provocados por las lluvias, por esta razón en los embalses y ríos cercanos se han encontrado una cantidad de partículas sólidas en las aguas, en la tabla que.

**Paisaje**

La explotación minera causará:

- a) 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.

- b) 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.
- c) 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 resto de los elementos del paisaje.
- d) 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 escombro 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 poblaciones 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.**

- a) 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.
- b) Por otro lado la pérdida de suelo condiciona seriamente el establecimiento de la vegetación e influye indirectamente, y de forma negativa en la fauna y en los procesos ecológicos.

#### **Fauna.**

- a) Alteración del hábitat de especies.
- b) Afectación de la migración de las especies.
- c) Desplazamiento y extinción de especies endémicas, por pérdida de vegetación.

### **Vegetación.**

- a) 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.**

- a) Alteración permanente de los drenajes superficiales a través de la contaminación de las aguas por residuos sólidos y líquidos.
- b) Aumenta el nivel de sedimentos.
- c) Alteración del nivel freático.

### **Atmósfera.**

- a) 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.
- b) 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.

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

1. 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).

2. 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 y sus nutrientes, pero nunca será el terreno rehabilitado como su antecesor.
3. 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.
4. El riego de los caminos de acopio del mineral.
5. 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).
6. 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.

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.

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.

Para disminuir la cantidad de polvo en los caminos se pueden emplear los siguientes métodos:

1. El riego con soluciones de sales higroscópicas (de calcio y magnesio).
2. La aplicación en la propia cobertura sólida de sustancias como el cloruro de calcio.
3. 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, los índices de sinantropismo de los frentes

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 (Ver Anexo 12 b).

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

#### **4.3 Protección e higiene del trabajo.**

En la mina de la Moa Nickel S.A. existen medidas de seguridad a cumplir cabalmente en cada puesto de trabajo, las cuales son de estricto cumplimiento para garantizar una buena protección e higiene del trabajo, las que se plasman a continuación:

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

En la mina de la P.S.A. Existen medidas de seguridad a cumplir en cada puesto de trabajo, las que a continuación se presentan:

- Instrucción de seguridad para el puesto de trabajo del operador.
- El operador debe tener los conocimientos básicos acerca de los trabajos a realizar, para ello deben haber recibido las instrucciones generales del trabajo.

##### **Operador de bulldózer.**

- Antes de iniciar el trabajo:

1. Debe realizar una inspección visual del equipo para asegurarse de las condiciones del mismo.
  2. Comprobar el sistema hidráulico, luces de trabajo, frenos, etc.
  3. Recibir una explicación real del operador que sale, acerca del comportamiento de la máquina.
- Al finalizar el trabajo:
    1. Realizar una entrega correcta del equipo al operador que lo recibe.
    2. Poner en aviso cualquier hecho de relevancia durante el turno y que pueda repetirse en el siguiente.
    3. Dejar a la máquina limpia y organizada.

#### **Operador del camión articulado VOLVO A 40 D.**

- Antes de iniciar las labores:
  1. Comprobar el estado de los sistemas de frenado, dirección, juegos de luces y relojes.
  2. Estado del frente de trabajo y sistemas particulares.
  3. Limpieza del puesto de trabajo.
- Durante las operaciones de trabajo:
  1. No posesionarse dentro del radio de acción de la máquina retroexcavadora.
  2. Lograr mayor horizontalidad del camión a la hora de ejecutar la carga.
  3. Circular por los caminos con las velocidades establecidas.
  4. No adelantar ni transitar paralelo a otro vehículo.
  5. No depositar la carga directamente contra el talud de las escombreras o contra el borde del nivel inferior.
  6. No circular siempre por las mismas marcas dejadas por ese u otro camión, para evitar las zanjas.

#### **Operador de la retroexcavadora LIEBHERR 984B.**

- Antes del trabajo:
  1. Comprobar el estado de los sistemas de frenado, dirección, juegos de luces y relojes.

2. Estado del frente de trabajo y sistemas particulares.
3. Limpieza del puesto de trabajo.
  - Durante el trabajo:
    1. Las maniobras de retroceso se realizarán con mucho cuidado, apoyándose el operador en los espejos retrovisores.
    2. Al detenerse el equipo, el cubo debe estar apoyado en el suelo.
    3. No esperar por el próximo camión con el cubo en alto.
    4. Asegurarse que el material se expanda por toda la caja del camión.
    5. Comprobar los límites de las articulaciones del brazo.
  - Al finalizar las labores:
    1. Realizar una entrega correcta del equipo al operador que lo recibe.
    2. Poner en aviso cualquier hecho de relevancia durante el turno y que pueda repetirse en el siguiente.
    3. Dejar a la máquina limpia y organizada.

Se deben cumplir cabalmente con las medidas contra catástrofes que se llevan a cabo en la (mina) P.S.A.

#### **4.3.1 Medidas de seguridad para el trabajo con retroexcavadoras.**

1. Cuando la excavadora esta 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.

7. 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.

#### **4.3.2 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.

#### **4.3.3 Medidas de seguridad para el trabajo con bulldózer.**

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, ésta 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 bulldózer en las laderas, deben tener una pendiente transversal de 1-3° hacia el lado opuesto del borde superior del talud.

#### 4.3.4 Protección del personal.

Es necesario acondicionar al obrero con medios individuales que los protejan de accidentes relacionados con su desplazamiento, equipos y sustancias dañinas.

En la tabla # 24 se relacionan las partes del obrero que se deben proteger, así como los medios de protección y los requisitos básicos de estos medios.

**Tabla # 24. Relación entre el trabajador y los medios que deben usar para su protección.**

Parte del cuerpo	Medio protector	Requisito que debe cumplir el medio protector.
Cabeza	Se usan cascos protectores que tienen como objetivo reducir el impacto de objetos que caigan de alturas más o menos elevadas	Resistentes a impactos, al fuego, a la humedad, peso ligero, aislamiento de la electricidad
Oídos	Tapones de oídos, orejeras o casco protector contra ruido	Que atenúe el sonido, que tenga confort y durabilidad que no tengan impactos nocivos sobre la piel que conserven la palabra clara y que sea de fácil manejo.
Ojos y cara	Gafas protectoras, pantallas, viseras, caretas protectoras y espejuelos.	Protección adecuada para el riesgo específico que fue diseñado, comodidad en el uso de los mismos, ajuste perfecto y ninguna interferencia en los movimientos, durabilidad y facilidad de higienización.
Manos y brazos	Guantes, almohadillas, protectores de brazo, mangas y protectores de dedo.	Que estén reforzados para que protejan al trabajador contra llamas, calor y cortaduras.
Tórax	Delantales de piel, de goma sintética y para asido	Deben proteger contra chispas, cortaduras pequeñas y protección contra agua y tierra.
Pies y piernas	Botas corte alto, tobilleras, polainas, almohadillas.	Casquillos de acero para los pies, anticonductivos, antichispas y deben resistir las descargas eléctricas.
Vías respiratorias	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.

## **CONCLUSIONES.**

1. La ubicación de la planta de pulpa en la parte sur del área, garantiza la menor afectación a las reservas.
2. El diseño de la Minería permite garantizar que las reservas estén listas para la extracción, existiendo un defasaje entre el escombreo y el inicio de la extracción de 2.1 meses.
3. La explotación del área es rentable debido a la organización correcta del trabajo.
4. El sistema de explotación utilizado es el mas racional considerando las características del equipamiento disponible y las condiciones naturales del área.
5. La capacidad de recepción de las escombreras exteriores, permite depositar todo el escombros procedente del área a extraer.

### **RECOMENDACIONES.**

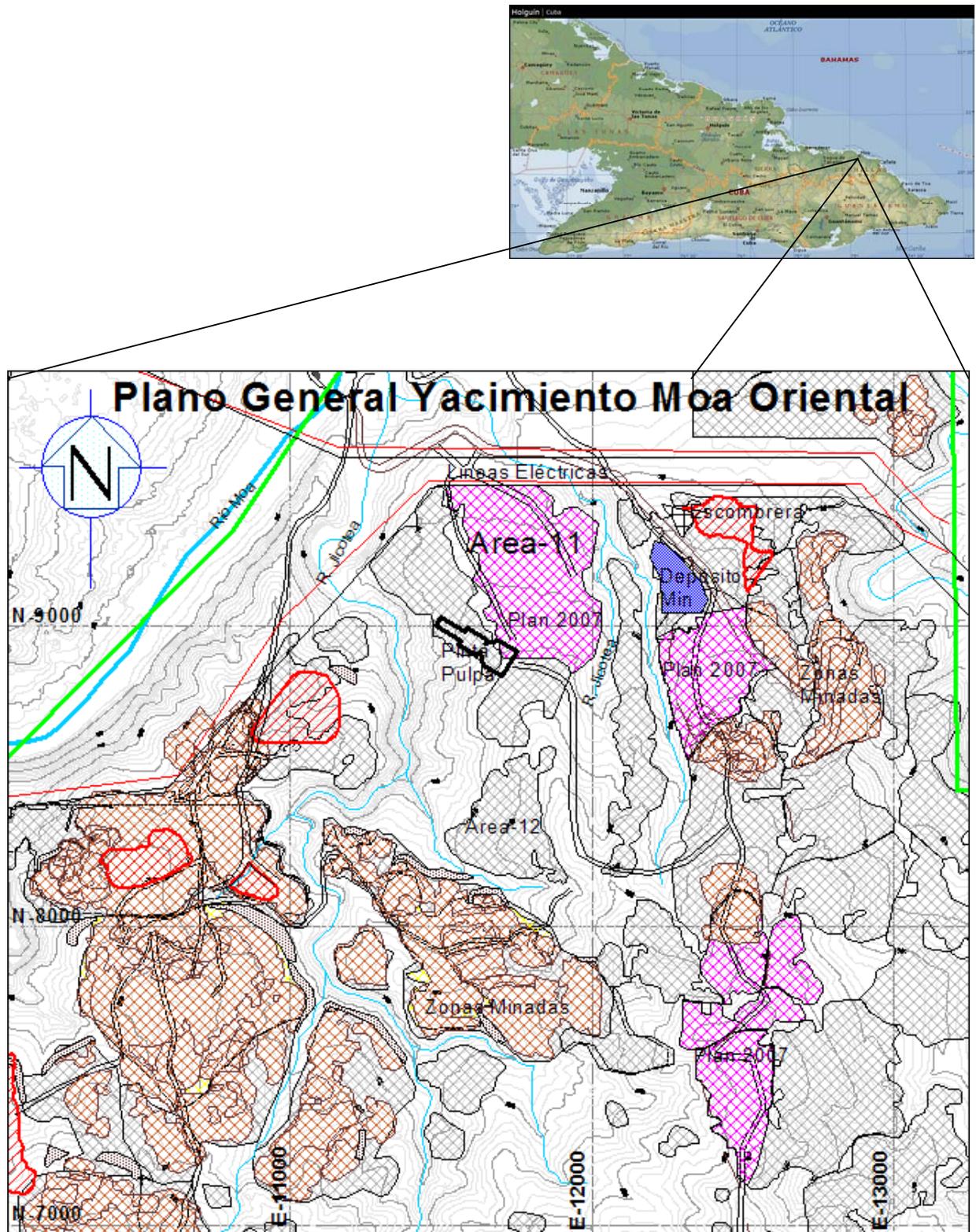
1. Realizar la explotación del área 11 a través del mismo sistema de explotación que se utilizó en el resto del yacimiento.
2. Mantener la distancia de transportación tanto para el escombro como para el mineral según los cálculos realizados.
3. Realizar el diseño de la minería de la zona Oeste antes de proceder a su explotación.
4. Realizar un estudio de impacto ambiental antes de empezar la explotación, por las condiciones naturales que posee el área.

## **BIBLIOGRAFIA**

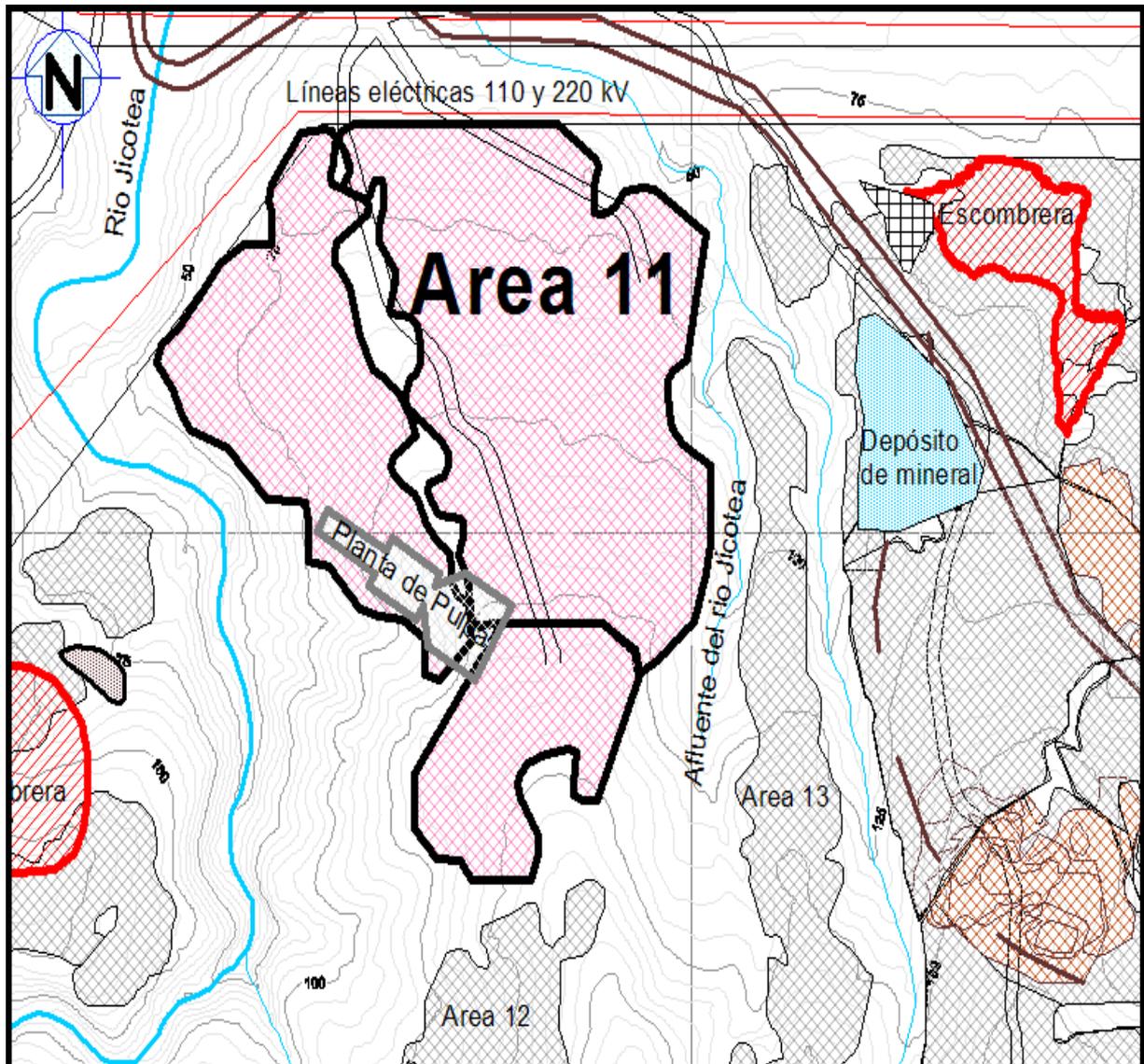
1. Ariosa Iznaga José. Curso de yacimientos minerales metálicos típicos genéticos. Ciudad de la habana: Editorial pueblo y educación. 1977.
2. CECIGMA .Estudio del impacto Ambiental, yacimiento Moa Oriental. Trabajo de evento. Empresa Moa Nickel S.A. Pedro Sotto Alba. 2000.
3. Embree. K. D. Parfitt. M. R. Phillips. C. A. Moa Oriental mine development erosion and sediment control. North Bay .Canada. 2001
4. Hernández Vidal, Edil. Proyecto de minería 2004 - 2008. Mina PSA. Moa, Dic-2003.
5. López Guerrero, Yusmila. Diseño de la Fase 3 de minería del yacimiento Moa Oriental. Moa 2001
6. Madaleno Hubirato, Silva. Diseño de la exaltación de la zona oeste del sector #1 del Yacimiento Moa Oriental. Moa 2001.
7. Pereira Ginga, Silva. Diseño de la explotación del sector 10 del yacimiento Moa Oriental. Moa 2001.
8. Petit Kiroga, Karen N. Diseño del sistema de explotación del sector #10 del yacimiento Moa Orienta. Moa 2003.
9. Figeredo Herrera, Yudorquis. Diseño de la minería del área 10 del yacimiento Moa Orienta. Moa 2004.
10. Pereda Hernández, Segundo y Polanco Almanza, Ramón. Transporte minero. Ciudad de la Habana, 1999.
11. Notas de clases de la asignatura Explotación a Cielo Abierto.

**ANEXOS.**

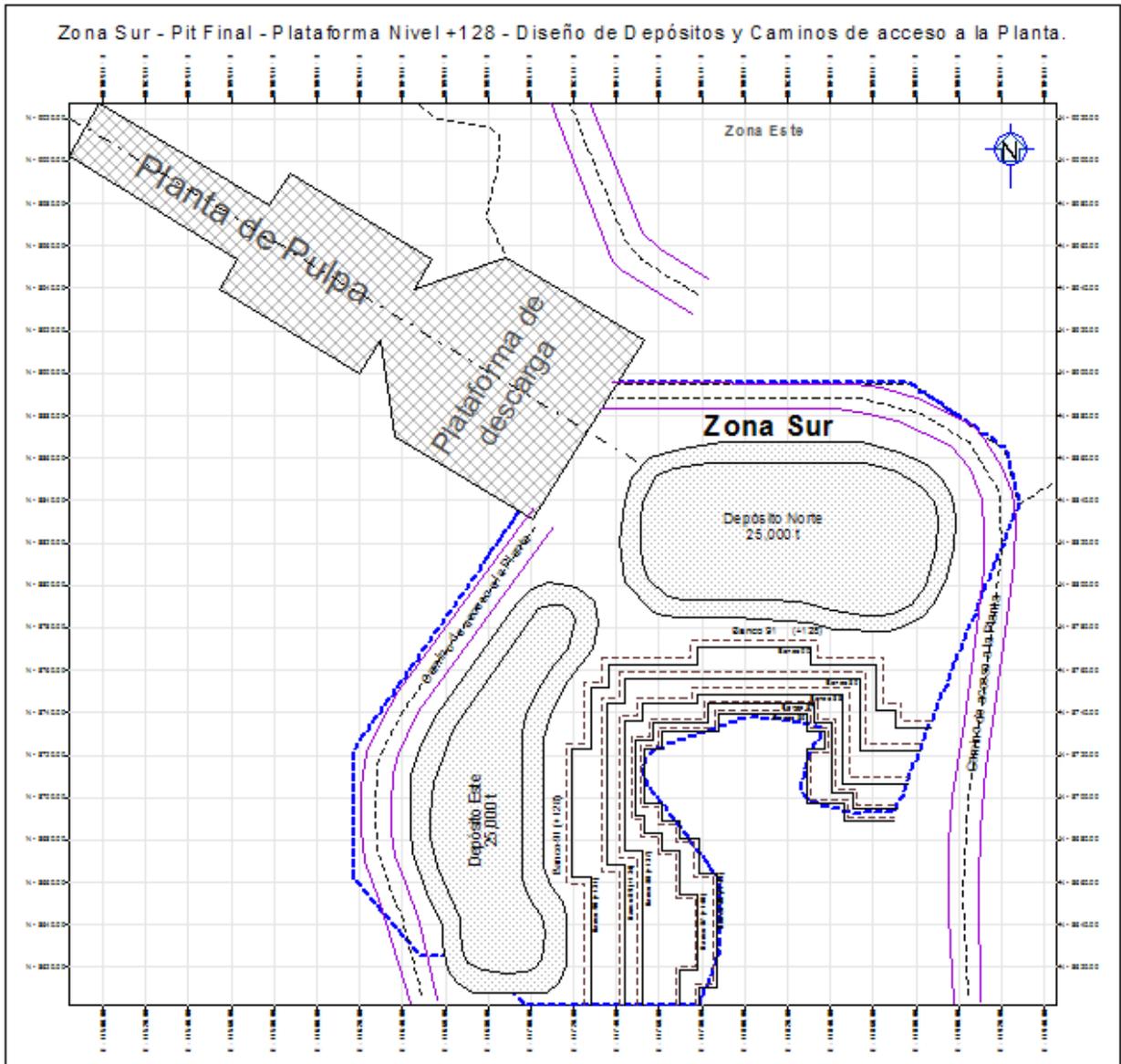
**Anexo1. Ubicación geográfica del yacimiento Moa Oriental**



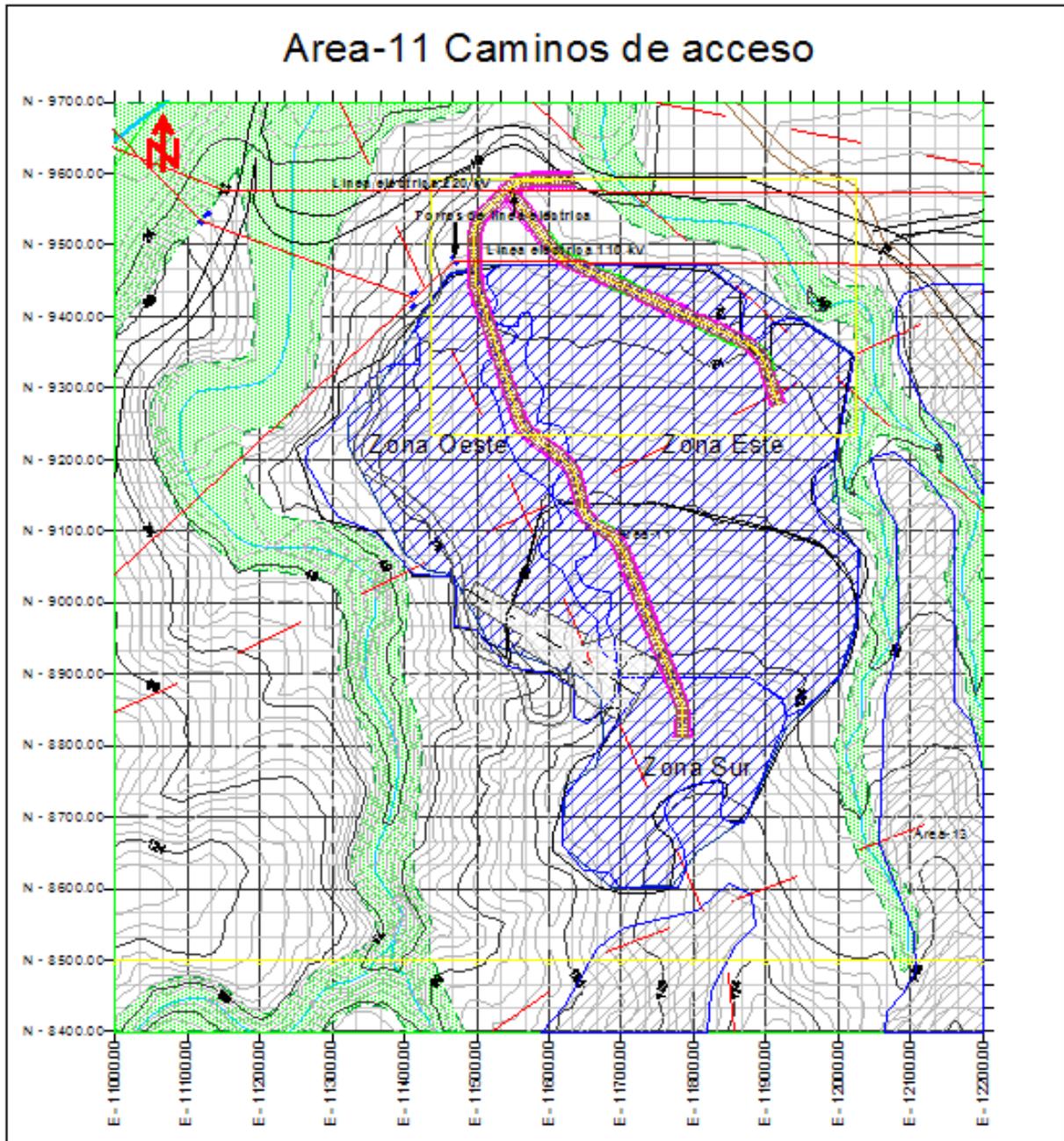
## Anexo 2. Ubicación geográfica del Área-11



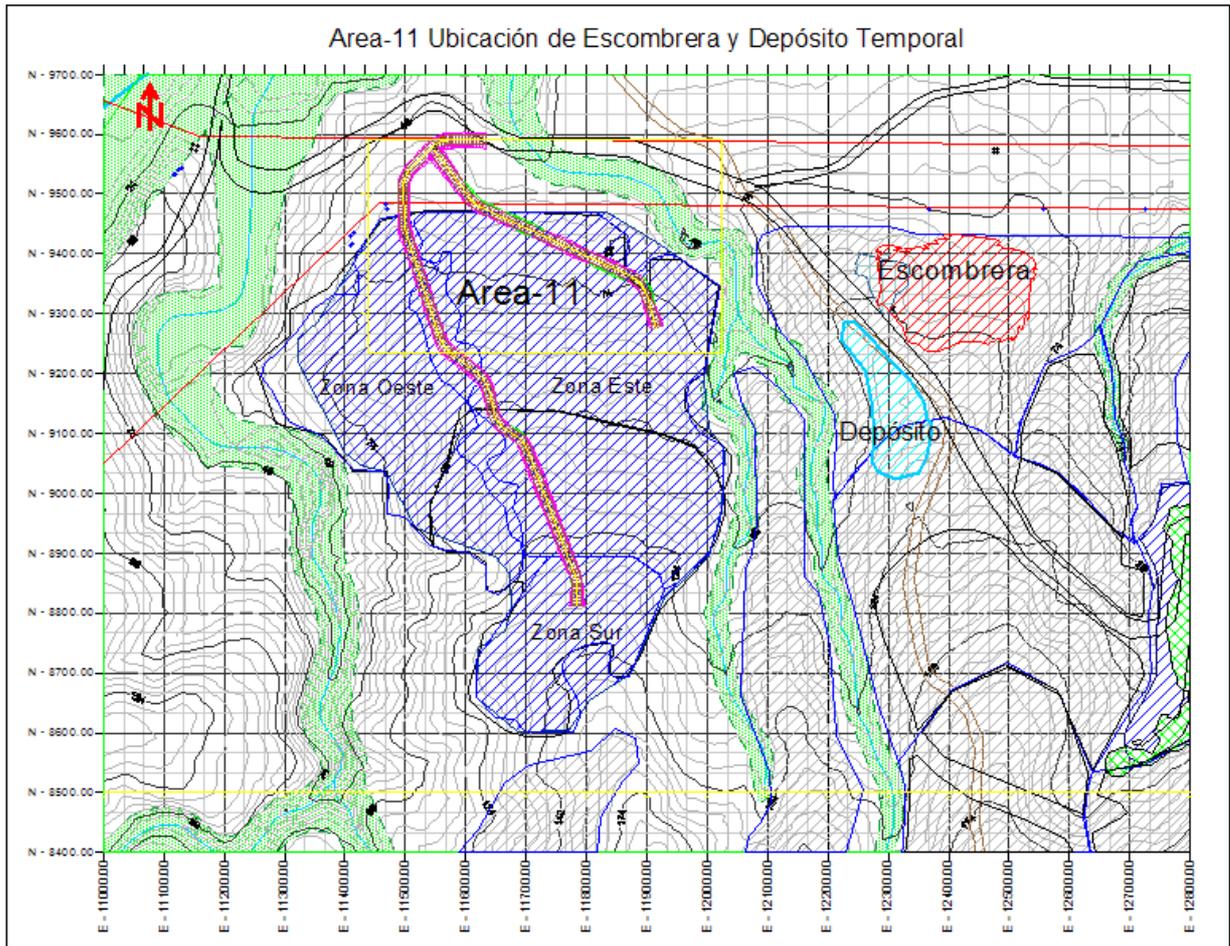
**Anexo 3. Plano de ubicación de la plataforma conformada para la construcción de la planta de pulpa y el depósito de mineral.**



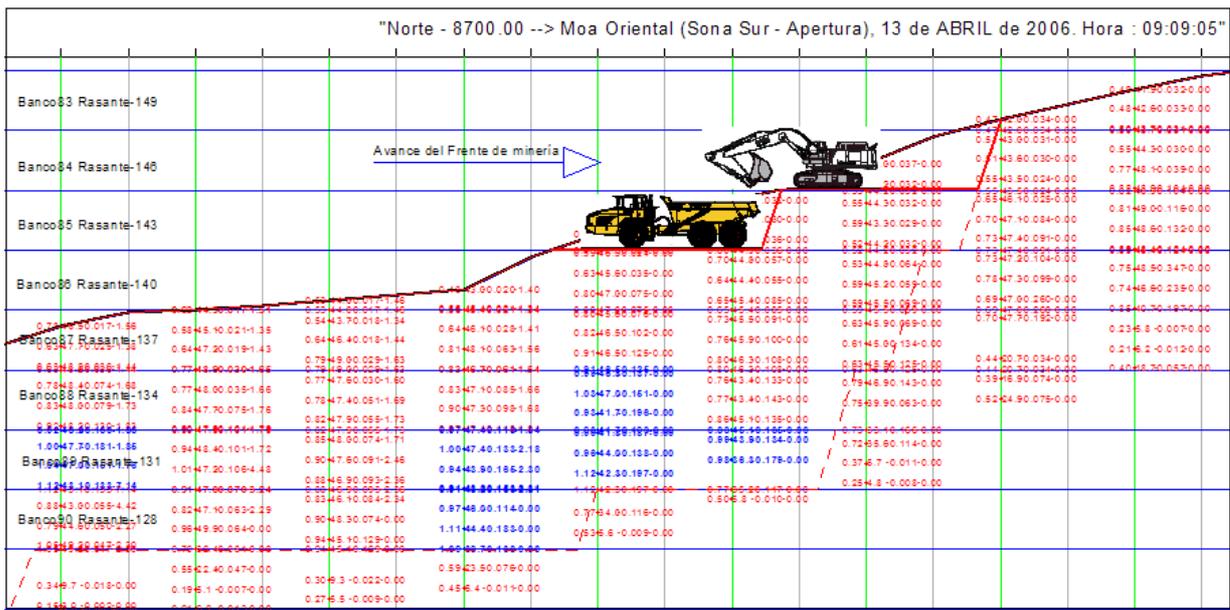
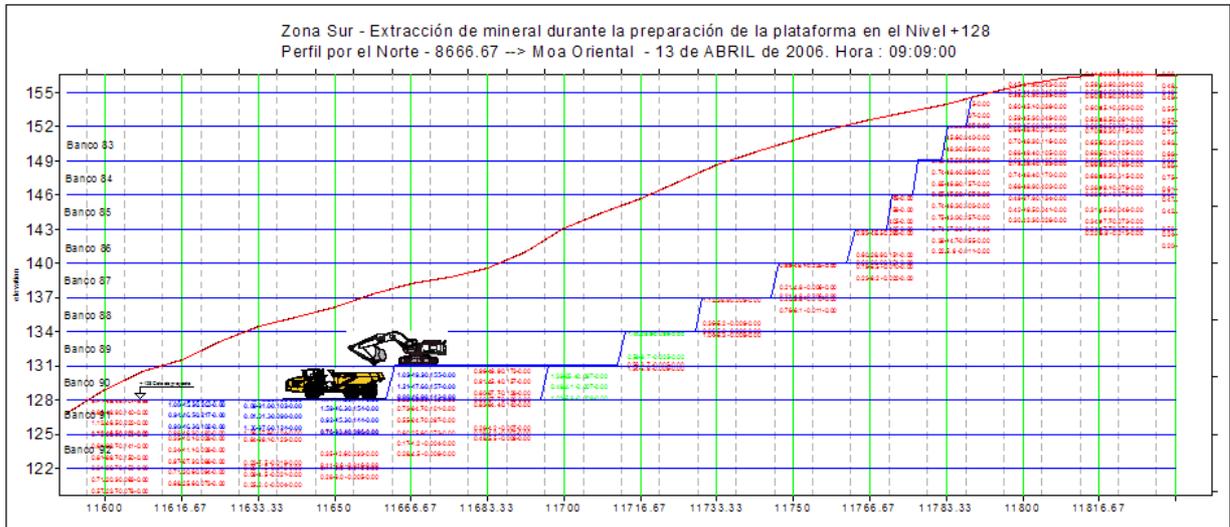
**Anexo 4. Plano del camino de acceso.**



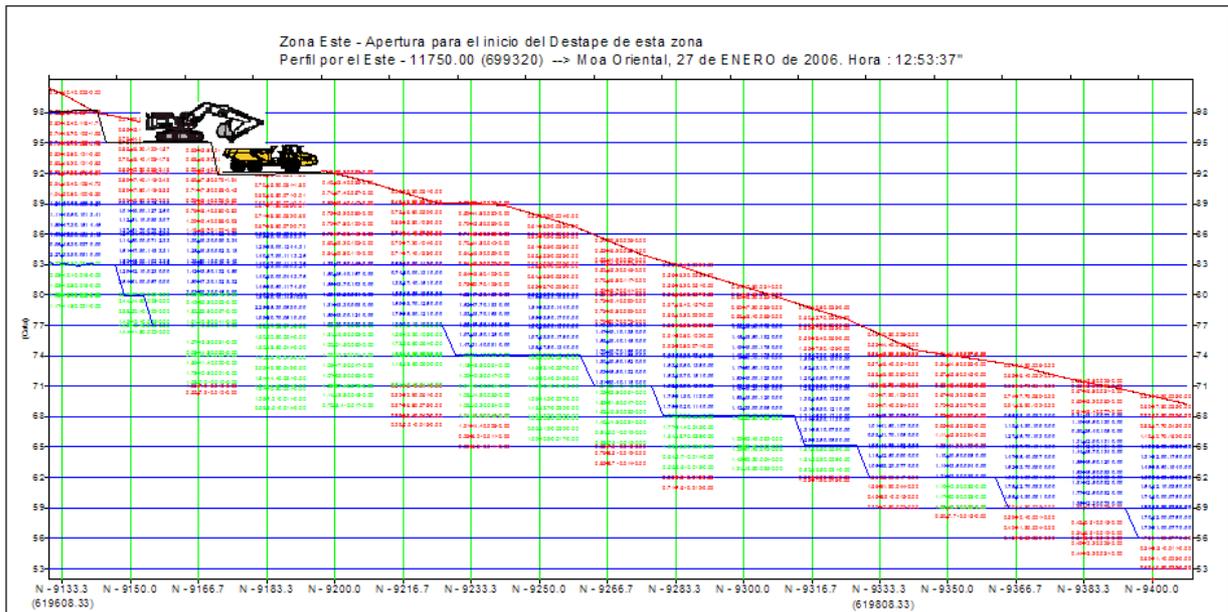
**Anexo 5. Plano de ubicación de la escombrera.**



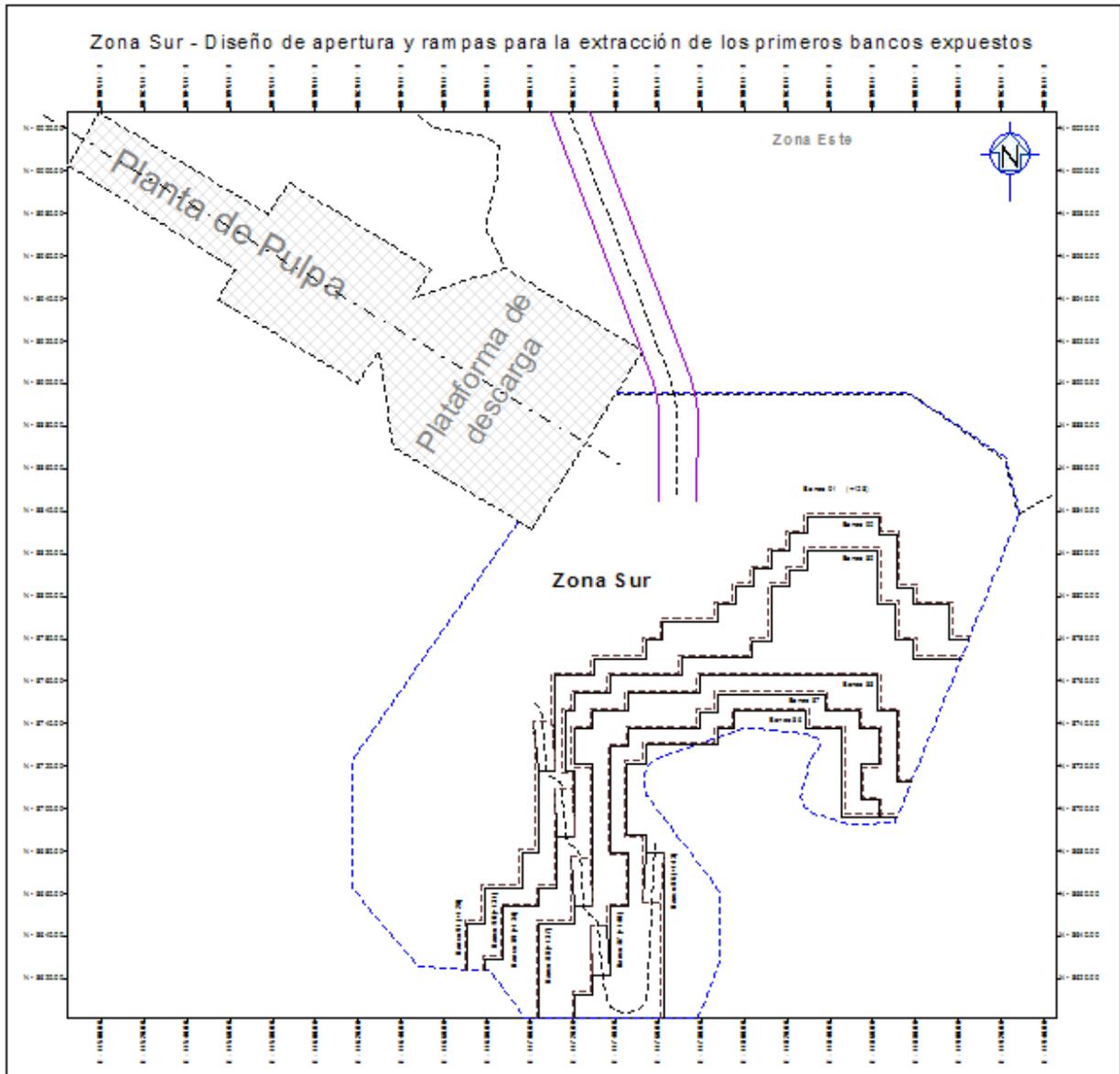
Anexo 6. Perfil correspondiente a la zona Sur.



**Anexo 7. Perfil correspondiente a la zona Este.**



**Anexo 8. Diseño de apertura y construcción de rampas de acceso de los primeros bancos expuestos.**



**Anexo 9. Foto que muestra las labores de desbroce.**



**Anexo 10. Foto que muestra las labores de escombreo (Esquema tecnológico).**



**Anexo 11. Foto que muestra las labores de extracción (esquema tecnológico).**



## **Anexo 12. Fotos que muestran etapas de la Rehabilitación**

### **a) Inicialmente.**



**b) Pasado un tiempo.**

