



REPÚBLICA DE CUBA

Ministerio de Educación Superior

INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO

MOA - MOJIGUEN

Facultad de Minas



TRABAJO DE DIPLOMA

Título: Fundamentación de la tecnología actual y futura para la extracción de las lateritas en el yacimiento Moa

Diplomante: *Fernando Quintero Quintero*

Tutores: *Dra. Mayda Allos Carcasés*
Ing. Federico Díaz Vega

Moa, 1994

"Año 36 de la Revolución"



DEDICATORIA

A mis padres:

Los cuales han sido el eslabón primordial dentro de este gran logro, al poder ser más útil a nuestra patria.

A la Revolución:

Por ser la protagonista de esta bella proeza de brindarnos la oportunidad de estudiar, trabajar y crear.

A el Colectivo de Profesores:

Por ser ellos quienes transitaron junto a nosotros durante cinco años y con su ejemplo contribuyeron a nuestra formación como profesionales de esta carrera.



AGRADECIMIENTO

Muchas gracias a todos aquellos que con su apoyo, dedicación y entusiasmo han hecho posible mi graduación.

INDICE

Denominación	Página
Introducción	1
Capítulo I. Datos generales del yacimiento	2
1.1 Situación geográfica del yacimiento Moa	2
1.2 Relieve y red fluvial	3
1.3 Clima y vegetación	4
1.4 Vías de comunicación	5
1.5 Fuentes de abastecimiento de energía y agua	5
1.6 Información económica	6
Capítulo II. Geología del Yacimiento	7
2.1 Génesis del yacimiento	7
2.2 Características cuantitativa y cualitativa de los minerales	8
2.2.1 Características físico mecánica de los minerales	8
2.3 Grado de exploración geológica del yacimiento ..	9
2.4 Condiciones hidrogeológicas del yacimiento	11
Capítulo III. Productividad planificada y régimen de trabajo	13
3.1 Régimen de trabajo	13
3.2 Productividad planificada	14

Capítulo IV. Tecnología actual y futura de extracción y transporte de los yacimientos lateríti- cos de la P.S.A.	15
4.1 Tecnología actual de explotación de los yacimien- tos lateríticos	15
4.1.1 Procesos tecnológicos para el laboreo de las lateritas de la P.S.A.	15
4.1.2 Características técnicas del equipamiento que se utiliza en la actualidad	18
4.2 Geomorfología. Variantes de mecanización para la explotación de los yacimientos lateríticos de la P.S.A.	22
4.2.1 Principales indicadores a tener en cuenta para la selección del equipo de arranque según el sistema de explotación actual	22
4.2.2 Composición geomorfológica del mineral para los yacimientos analizados	23
4.2.3 Variantes de mecanización para la extracción y carga del mineral en los yacimientos lateríticos	36
Capítulo V. Valoración económica.	61
5.1 Introducción	61
5.2 Principales indicadores económicos. Variante óptima	63

5.3 Costos de inversión	64
5.4 Cálculo de los gastos de explotación	65
5.5 Cálculo de los costos reducidos mínimos para el transporte automotor para el año cálculo	74
Conclusiones.	76
Recomendaciones.	77
Bibliografía.	78
Anexos.	79

INTRODUCCION.

El objetivo del presente Trabajo de Diploma es definir la tecnología de extracción y transporte para la explotación de los yacimientos, base de materia prima de la Fabrica Pedro Sotto Alba teniendo en cuenta la baja potencia de mineral existente en los mismos.

Se realiza un estudio geomorfológico de los yacimientos determinandose el porciento de las reservas que corresponde a cada uno de los intervalos de potencia que se analizan ($m \leq 4$; $4 < m \leq 6$; $6 < m \leq 12$; $m > 12$). Se plantea dos estrategias generales que cumplen con los requerimientos de la calidad y volumen a alimentar a la fábrica, eligiendose la óptima desde el punto de vista técnico. Se elige el camión óptimo para el trabajo eficiente de las excavadoras que se propone utilizar.

Se determina para los intervalos de potencias analizados la capacidad óptima del cubo de la excavadora.

Se determina los gastos de explotación, costos de inversión y gastos reducidos mínimos para el año en cálculo para la estrategia elegida y se compara con los determinados en el plan rector de minería de la P.S.A que define la entrada en explotación del yacimiento Moa Oriental y del agotamiento de los yacimientos base de materia primarealizada por CEPRONi durante el primer semestre del año 1994.

CAPITULO I. DATOS GENERALES DEL YACIMIENTO.

1.1 Situación geográfica del yacimiento Moa.

El yacimiento Moa está situado el noroeste de la actual Provincia de Holguín; el cual limita al norte con el Océano Atlántico. Está dividido en dos partes desiguales por el río Moa, la parte Noroeste y la parte Sudeste.

La parte Noroeste es más pequeña que la Sudeste. Aquí se localizan aproximadamente el 20 % de las reservas de níquel del yacimiento, es la parte mejor estudiada. En base a sus reservas funciona la planta CPSA desde 1960.

En esta parte Noroeste se forman varios límites de partes mineralizadas entre las que se destacan la parte meridional, central y septentrional.

a) En la parte Meridional en ellas están incluidos los yacimientos:

- Atlántic
- Yamanigüey
- Pronóstico
- Zona sur

b) En la parte central en ella se encuentra ubicada Zona A.

c) En la parte Septentrional está situada mas al norte, aquí una gran parte de las reservas estan bajo las edificaciones y construcciones del desarrollo minero-metalúrgico, posee una zona llamada Playa la Vaca.

En la parte Sudeste se destaca Moa Oriental

Sus Coordenadas Lambert. M.

Zonas	NORTE		ESTE	
	desde	hasta	desde	hasta
Atlántic	214110	216540	692750	695550
Pronóstico	215100	216800	689750	692300
Zona Sur	217900	219100	692430	694200
Moa Oriental	220200	216000	697100	701000
Zona A	219100	220530	695300	697590
Yamanigüey	214000	223400	218000	696000

1.2 Relieve y red fluvial.

El área del yacimiento se encuentra en las estribaciones del macizo montañoso Sagua-Moa-Baracoa, estas cordilleras están separadas una de otras por varios ríos entre lo que estan el Río Moa .

En la parte meridional donde estan incluido los yacimientos (Atlántic, Yamanigüey, Pronóstico y Zona Sur), la región presenta cordilleras en forma de colinas intensamente divididas por las corrientes de agua. La parte central en la que se

encuentra ubicado Zona A, se caracteriza por un relieve accidentado y sus cotas varían desde 25 m (cerca del río Moa) hasta 150 m. En la parte septentrional del yacimiento son características las divisorias de colinas y lomas con alturas no mayores de 50 a 100 m. En la parte sudeste donde se destaca el yacimiento Moa Oriental, las cotas absolutas oscilan entre 0 y 360 grados sobre el nivel del mar, formando como especie de pequeñas mesetas escalonadas; por lo general, las pendientes son suaves, predominando las de 5 a 10 grados. El terreno se encuentra desmembrado claramente en los sectores donde se localizan valles profundos por donde corre el río Moa y los arroyos Los Lírios y La Veguita.

1.3 Clima y Vegetación.

El clima de la región es subtropical, se caracteriza por la presencia de dos períodos de lluvias (Mayo-Junio) y (Octubre-Enero) y dos de seca (Febrero-Abril) y (Julio-Septiembre) la cantidad de lluvias promedio al año en la parte bajas es de 1700 a 1800 mm y en las zonas montañosas hasta 2000 a 2300 mm. En la época de verano las lluvias precipitan en formas de aguaceros y en invierno se caracterizan por ser constante. El régimen de temperatura para el período seco es bastante constante, la diferencia de temperatura no sobrepasa de

5 a 6 °C. La temperatura para el verano es de 30 a 32 °C, y en invierno de 22 a 26 °C.

La vegetación es tropical; en las superficie planas cubiertas por lateritas, crecen bosques de pino poco tupidos para las montañas tanto en las lomas como en las divisorias de las aguas son características las malezas tupidas lo que dificulta el acceso a la zona de trabajo, en los valles de los arroyos crecen las palmas reales en las zonas cercanas a la costa hay grandes extensiones de mangles.

1.4 Vías de Comunicaciones.

La comunicación es buena; Moa cuenta con aeropuerto que la comunica con Santiago de Cuba, Holguín, Ciudad de la Habana y Baracoa, presenta enlace terrestre con el resto del país, no posee transporte ferroviario, presenta además comunicación marítima.

1.5 Fuente de Abastecimiento de Energía y Agua.

La fuente de energía fundamental es la eléctrica que se toma de la red nacional; el abastecimiento de agua es garantizado por la Presa Nuevo Mundo.

1.6 Información Económica.

La economía de la región está determinada principalmente por la industria Minero metalúrgica, la CPSA, CECG y la futura Camariocas, que procesará las materias primas del yacimiento Moa y los yacimientos de la Miniría conjunta. El producto terminado sulfuro de Níquel y Cobalto, así como óxidos se exportan a países como Canada y otros. Además se encuentra en actividad las minas de Cromo, que son las principales fuentes de Cromitas del país.

CAPITULO II. GEOLOGIA DEL YACIMIENTO.

2.1 Génesis del Yacimiento.

La génesis del yacimiento está en concordancia con las conclusiones a que arribaron Grigoneva en el 1961, Adamovich y otros científicos en el 1963 los que plantearon que estos se formaron a partir del intemperismo químico de las serpentinitas, en condiciones de un clima húmedo y tropical. En este proceso se produce la migración hacia las zonas inferiores del corte de la sílice y el magnesio y la acumulación en la parte superior y media del hierro, níquel, aluminio y también el cobalto, lo que establece la zonalidad química vertical de la corteza de intemperismo representado en varios horizontes bien definidos (de arriba-abajo) según la secuencia siguiente: FB, FF, LB, LF, SB, SD, SF. Estos tipos de menas están ligados a los horizontes litológicos determinados.

- 1- Las menas lateríticas de hierro (de balance FB y fuera de balance LB) corresponden al horizonte de lateritas enriquecidas de hierro.
- 2- Las menas lateríticas de níquel (de balance LB y fuera de balance LB) corresponden aproximadamente al horizonte de lateritas enriquecida con el níquel.

3- Las menas de serpentinitas níquelíferas (balance SD blandas y fuera de balance SF).

2.2 Características Cuantitativas y Cualitativas de los Minerales.

2.2.1- Características físico-mecánica de los minerales.

El yacimiento Moa para un mejor estudio es dividido en parte, los cuales no difieren mucho en sus propiedades como:

a) Peso volumétrico del mineral

-Peso volumétrico seco 1.128 t/m

-Peso volumétrico húmedo 1.8 t/m

-Peso volumétrico esponjado 1.38 t/m

b) Composición granulométrica del material.

Clases mm	-0.833 +0.417	-0.417 +0.208	-0.208 +0.104	-0.104 +0.044		
Porcentaje en peso (%)	5.5	1.5	2.1	2.5	3.4	85.0

c) Angulo de reposo natural 38°

d) Talud dinámico 15°

e) Dureza del mineral

Variable de 2 a 5 en la escala de Mohr

de 1 a 2 laterita por Protodiakonov
de 2 a 4 serpentinita por Protodiakonov

f) Humedad: Mínima: 27 %
Promedio 33 %
Máxima 36 %

h) La mena a transportar no es agresiva químicamente, ni abrasiva. En cambio presenta propiedades muy marcadas de adherencia (Formar arcos sobre las rejillas de las tolvas).

2.3 Grado de Exploración Geológica del Yacimiento.

a) En la parte meridional comprendida por:

Atlántic: Es una de las bases principales de abastecimiento de mineral a la fábrica, está desarrollada en categoría B con su red auxiliar (16.66 m x 16.66 m) .

Es un yacimiento compacto, se caracteriza por presentar alta potencia de mineral, actualmente, debido a que ha sido explotado intensamente con relación a los demás yacimientos, se caracteriza por presentar baja potencia en la parte Sur del yacimiento y altas mas al Norte.

Yamanigüey: Las reservas estan desarrolladas en categoría B y sólo quedan los pilares de caminos y algunas reservas aledañas a los caminos.

Este yacimiento se caracteriza por presentar alta potencia en la parte cercana al punto de carga del transportador y menores en las partes que se acercan a los yacimientos Zona Sur y Pronóstico.

Pronóstico: Está explorado y desarrollado en categoría B con su red auxiliar (16.66 m x 16.66 m), está ubicado al Sur de la parte meridional adoptando forma de meseta , con la ladera Noroeste bastante abrupta.

Este yacimiento es moderadamente disperso, con muchas ventanas no minerales de muy baja potencia; se espera un incremento de las pérdidas y del empobrecimiento, así como gran complejidad en el laboreo del mismo.

Zona Sur: Sus reservas están exploradas y desarrolladas en categoría B su red auxiliar.

La mena en este yacimiento está medianamente dispersa, con muchas ventanas no mineral. Presenta un núcleo de alta potencia y una periferia de baja potencia, de mediana complejidad desde el punto de vista topográfico.

b) En la parte central comprendida por:

Zona A: Las reservas de esta Zona se encuentran desarrolladas en categoría B (33 x 33 m), pero aún no se ha terminado el informe geológico por lo que se decidió procesar sus reservas en categoría B.

Se caracteriza por presentar una potencia mineral relativamente baja y alta potencia de escombros.

c) La parte septentrional posee una Zona llamada Playa la Vaca explorada en categoría C2.

Por la parte sureste comprendida por:

Moa Oriental: Sus reservas se encuentran actualmente desarrolladas en categoría B (Parte Norte y Central de yacimiento), un poco más al Sur las reservas están desarrolladas en categoría C1.

El yacimiento es compacto, se caracteriza por una potencia media de mineral y alta potencia de escombros.

2.4 Condiciones Hidrogeológicas del Yacimiento Moa.

Estas condiciones las veremos por yacimientos.

EL YACIMIENTO ATLANTIC: Este no presenta problemas hidrogeológicos ya que es muy pobre la distribución de las aguas subterráneas, simplemente las aguas de las

precipitaciones, que corren hacia las partes más bajas, depositándose en las lagunas formadas en las áreas del yacimiento donde fué extraída las menas limoníticas.

EL YACIMIENTO ZONA SUR: Este tampoco presenta problemas hidrogeológicos para la extracción de las lateritas.

EL YACIMIENTO PRONOSTICO: Al igual que los mencionados tampoco presenta dificultades hidrogeológicas.

EL YACIMIENTO ZONA A: Este está atravesado por varios arroyos de Sur a Norte lo que puede presentar algunos problemas para su explotación.

EL YACIMIENTO YAMANIGUEY: Este al igual que Atlántic es muy escasa la distribución de las aguas subterranias ya que tampoco existen en el manantiales ni arroyos que lo atraviesen. Moa Oriental desde el punto de vista hidrogeológico lo podemos caracterizar con tres zonas, donde existen las mayores potencias de los horizontes acuíferos y donde los niveles de agua subterráneas se mantienen estables; o sea que las menas permanecen inundadas.

En el resto del yacimiento, practicamente en la corteza de intemperismo no aparecen potencias acuíferas o aparecen sólo en períodos de lluvias y con escaso desarrollo.

CAPITULO III. PRODUCTIVIDAD PLANIFICADA Y REGIMEN DE TRABAJO.

3.1. Régimen de Trabajo.

En la mina Moa existen dos régimen de trabajo oficialmente que son: En la actividad de extracción - transporte el régimen es de tres turnos y en la actividad de preparación de la minería debido a que la capacidad de preparación de las reservas y según los volúmenes de extracción anual, existe una cobertura apropiada, el régimen laboral establecido es de un turno.

3.1.1 Régimen de trabajo para las actividades de extracción - transporte y preparación de la minería.

<u>Descripción</u>	<u>3 turnos trabajo</u>	<u>1 turno trabajo</u>
-Días calendario del año	365	365
-Días efectivos de trabajo al año	314	314
-Días afectados por lluvias y otros	51	51
-Cantidad de horas plan en el turno	8	8
-Cantidad de horas efectivas en el turno	6.8	7
-Tiempo máximo perdido en el turno (hr)	1.2	1
-Coeficiente uso turno	0.85(camión) y 0.70(excavadora)	
-Coeficiente uso parque	0.7	0.7

Las pérdidas de tiempo que se planifican están dada por las siguientes causa.

- Falta de electricidad
- lluvias
- Mantenimiento
- Lubricante y Combustible

3.2 Productividad Planificada.

El tonelaje máximo según las necesidades del proceso

a) Productividad anual base seca:	2 260 000 t/año
b) Productividad mensual base seca:	188 333 t/mes
c) Productividad diaria seca:	7 197 t/días
d) Productividad anual húmeda:	3 005 800 t/año
e) Productividad mensual húmeda	250 483 t/mes
f) Productividad diaria húmeda	9 573 t/día
g) Productividad por turno para el transporte automotor (húmeda)	3 191 t/tur
h) Productividad por hora para el transporte automotor (húmeda)	399 t/h

Donde:

tur -- Turnos

h -- Horas

CAPITULO IV. TECNOLOGIA ACTUAL Y FUTURA DE EXTRACCION Y TRANSPORTE DE LOS YACIMIENTOS LATERITICOS DE LA P. S. A.

4.1 Tecnología Actual de Explotación de los Yacimientos Lateríticos

4.1.1 Procesos tecnológicos para el laboreo de las lateritas de la P.S.A.

Dentro de los procesos tecnológicos ejecutados en la mina Moa para la extracción y envío del mineral laterítico a la planta de beneficio son las siguientes:

- Perforación
- Desbroce o limpieza del área de explotación
- Destape y escombreo
- Construcción de caminos
- Arranque-carga
- Transportación
- Rehabilitación de las áreas laboreadas

Perforación.

Este se realiza con perforadoras UGV-50 dentro de los trabajos de exploración con el objetivo de determinar las reservas industriales con una red de 33 x 33 en categoría B y red de 16 x 16 en categoría A para determinar las reservas de explotación.



Desbroce.

Se realiza con bulldozer que apilan la maleza en determinados lugares para no obstruir los demás procesos tecnológicos, el desbroce consiste en la eliminación de las malezas que cubren las superficies de los cuerpos minerales para realizar el destape de las menas industriales.

Destape y escombreo.

Este proceso se realiza con diferentes equipos mineros, la mayor difusión la han obtenido las traillas remolcadas por tractores de esteras, también se utilizan mototraillas autónomas sobre neumáticos, excavadoras, camiones y en algunos casos la combinación de equipos, en el caso de nuestra mina utilizamos traillas remolcadas, mototraillas autónomas sobre neumáticos. Las labores de destape consisten en retirar la capa de los minerales lateríticos ferroginosos, considerados fuera de balance por su bajo contenido de níquel.

La formación de la escombrera ocurre cuando el material de destape es transportado hacia las áreas que previamente se han seleccionado para su almacenaje temporal.

La forma, área que ocupa, volumen y ubicación de las escombreras se planifica y calcula de antemano en los proyectos de explotación. La mayoría de las veces es de un piso

en forma de cono truncado, con talud de 35 grados aproximadamente y altura máxima de 30 metros.

Construcción de caminos.

Esta etapa es de gran importancia, ya que permite el acceso de los equipos mineros al mineral útil. Se construyen de forma tal que permiten con la mayor efectividad el acceso de los equipos mineros a las reservas industriales, este proceso se realiza en la actualidad con bulldozer, mototraillas, escrepas, motoniveladoras.

Arranque y Carga.

El arranque de las rocas se realiza directamente con los órganos de trabajo de los equipos, debido a la baja fortaleza de este tipo de roca, no se requiere el uso de sustancias explosivas para la preparación de la masa minera, aunque en determinado casos algunas rocas exigen el mullido mecánico previo. En el yacimiento se utilizan dragalinas con capacidad de 5 - 6 m³, de procedencia soviética, modelo ESHA 6/45, para realizar la carga a los equipos de transporte.

Transportación.

Este proceso se realiza con camiones BELAZ, de procedencia

soviética con un tonelaje de 27 y 40 ton. Las menas industriales son transportadas desde los frentes de arranque hasta el depósito central de la mina por los camiones. De este depósito hasta la planta de pulpa, el mineral es conducido por una banda transportadora, y de aquí hasta la planta metalúrgica la pulpa llega a través del transporte hidráulico gravitacional.

Durante la ejecución de todos los procesos tecnológicos mencionados la corteza terrestre en esta zona es desfigurada completamente, quedando a la intemperie un tipo de roca no apta para el desarrollo de la vegetación sobre ella, de este modo queda conformado un paisaje despoblado, semejante al lugar donde antes crecían plantas y animales.

Es por ello que se realizan los trabajos de rehabilitación de las zonas afectas por la minería, para devolver la tierra en un estado semejante al original o a otro más conveniente.

4.1.2. Características técnicas del equipamiento que se utiliza en actualidad.

Características técnicas de las escurpas-traillas, T-130

* Potencia del motor	246.0 KW
* Capacidad de carga	27.0 TN

* Capacidad geométrica de la caja	8.0 m
* Profundidad del arranque en el terreno de la caja	0.3 m
* Ancho del corte en terreno de la caja	2.92 m
* Peso de la trailla sin el tractor	10.0 TN
* Peso de la trailla con el tractor	20.0 TN
* Norma de consumo por pasaporte técnico	18.2 l/h

Características técnicas de la mototrailla MOAZ-546P

* Potencia del motor	158 KW
* Capacidad de carga	15 TN
* Capacidad geométrica de la caja	8 m
* Ancho del corte en el terreno de la caja	2.92 m
* Profundidad de arranque en el terreno de la caja	0.3 m
* Peso de la trailla sin el tractor	10 TN
* Peso de la trailla con el tractor	20 TN
* Norma de consumo por pasaporte técnico	14.6 l/h

Tabla 1 .Productividad de las esrepas (Traillas).

Distancia (m)	Viajes (h)	Productividad (m /h)		
		4.5m ³	5 m ³	8 m ³
40 - 70	15.550	66.09	77.75	124
70 - 100	13.000	52.25	65.00	104
100 - 130	11.120	47.38	55.62	89
130 - 160	9.750	41.44	48.65	78
160 - 190	8.265	36.66	41.32	66.12
190 - 220	7.500	31.88	37.50	60
220 - 250	6.875	29.22	34.37	55
250 - 280	6.375	27.09	31.87	51
280 - 310	5.875	24.97	29.37	47

Tabla 2 .Productividad de las mototraillas

Distancia (m)	Capacidad 8 m ³	Capacidad 12 m ³
41 - 70	180	270.0
71 - 100	151	226.5
101 - 130	131	196.5
131 - 160	117	175.5
161 - 190	105	157.5
191 - 220	96	144.0
221 - 250	89	133.5
251 - 280	83	124.5
281 - 310	78	117.0
311 - 340	74	111.0
341 - 370	70	105.0
371 - 400	68	102.0

Características técnicas del BELAZ 540 y 548.

<u>INDICADORES</u>	<u>540</u>	<u>548</u>
* Masa de la carga manual a transportar (ton)	27	48
* Masa completa del camión con carga (ton)	48	68.8
* Velocidad máxima con masa nominal (km/h)	50	50
* Dimensiones: longitud en (mm)	7 250	8 120
* Anchura medida por los neumáticos traceros (mm)	3 480	3 787
* Medida por la plataforma (mm)	3 380	3 700
* Altura medida por la plataforma (mm)	3 255	3 605
* Altura medida por la visera plataforma (mm)	3 580	3 910
* Altura medida por la visera plataforma levantada (mm)	7 000	7 900
* Volumen de la plataforma (m ³)		

. Geométrica (m ³) ₃	15	21
. Con "montón" (m ³)	18	26
* Tiempo de elevación de la plataforma (seg)	25	25
* Tiempo de descanso (seg)	20	20
* Número de cilindros	12	12

Características técnicas de la excavadora ESH-6/45M.

* Capacidad del cubo	5 m ³
* Longitud del BOOM	45 m
* Angulo de inclinación del BOOM con respecto a la horizontal	25-35
* Duración del ciclo de trabajo del fabricante	42 seg
* Inclinación longitudinal al desplazarse (al no haber inclinación transversal)	8
* Inclinación transversal al desplazarse (al no haber inclinación longitudinal)	3
* Inclinación longitudinal durante el trabajo	1
* Inclinación transversal durante el trabajo	1
* Presión específica media sobre el terreno.	
. Al trabajar	0.6 Kgf/cm ²
. Al ambular	1.1 Kgf/cm ²
* Velocidad de marcha	0.133 m/seg
* Corriente de alimentación	
. Tensión	6 000 V
. Frecuencia	60 Hz
* Potencia del electromotor sincrónico	575 KV.V

Debemos aclarar que la selección del complejo excavadora camión

que posee la mina de Moa actualmente no fue fundamentado desde el punto de vista minero-técnico, sino que fue asignado por el ministerio y la parte soviética sin tener en cuenta la geomorfología de los yacimientos, el relieve, las condiciones hidrogeológicas y factores geotécnicos.

4.2. Geomorfología. Variantes de mecanización para la explotación de los yacimientos lateríticos de la P.S.A.

4.2.1. Principales indicadores a tener en cuenta para la selección del equipo de arranque según el sistema de explotación actual.

De acuerdo con el sistema de laboreo existente los trabajos de extracción del mineral se realizan con excavadoras tipo DRAGALINAS con la carga a transporte automotor.

La selección del tipo de excavadora debe de realizarse teniendo en cuenta:

- 1.- La posibilidad de extracción del mineral en toda la potencia del cuerpo minero (preferiblemente sin sub-escalón).
- 2.- Posibilidad de garantizar la productividad por turno y diaria de la mina de acuerdo con el régimen de trabajo seleccionado.
- 3.- La efectividad del trabajo de acuerdo a la capacidad de carga del camión seleccionado.
- 4.- La más completa extracción de las reservas valanciadas de mena (con el mínimo de pérdida y empobrecimiento).

4.2.2 Composición geomorfológica del mineral para los yacimientos analizados.

Intervalos de potencia de los cuerpos mineros en m (por bloques). Se toman con el objetivo de analizar la posibilidad de utilización de excavadoras con capacidad del cubo y largo de la pluma menor que las excavadoras utilizadas actualmente ESH 5/45.

Intervalos:

- I - $m \leq 4$
- II - $m \leq 6$
- III - $6 < m \leq 12$
- IV - $m > 12$

Yacimiento Zona Sur.

TABLA # 3

Nro. de bloque	Reservas (ton)	Potencia prom. (m)	Intervalo de (m)	Categoría
M - 17	2355	2.0	$m \leq 4$	I
M - 18	31797	2.0	$m \leq 4$	II
M - 19	84792	1.9	$m \leq 4$	II
M - 20	40041	1.78	$m \leq 4$	II
L - 17	11776	2.0	$m \leq 4$	II
L - 18	130720	2.0	$m \leq 4$	II
L - 19	90083	1.79	$m \leq 4$	I
L - 20	62416	2.05	$m \leq 4$	I
L - 21	460466	9.77	$6 < m \leq 12$	III
K - 17	21198	2.0	$m \leq 4$	I
K - 18	110703	2.2	$m \leq 4$	I
K - 19	84790	2.4	$m \leq 4$	I
K - 20	795971	9.7	$6 < m \leq 12$	III
K - 21	1042740	17.35	$m > 12$	IV
J - 17	221400	2.6	$m \leq 4$	I
J - 18	124835	2.25	$m \leq 4$	I
J - 19	111928	3.90	$m \leq 4$	I
J - 20	317886	17.98	$m > 12$	IV
J - 21	741453	16.61	$m > 12$	IV

Yacimiento Zona Sur.

TABLA # 4

Cant. de Bloques	Reservas Mt	P O T E N C I A E N (m)												
		m ≤ 4		m ≤ 6		6 < m ≤ 12				m >12				
		Bloq. Rserv.		Bloq. Rserv		Bloq Rserv		Bloq Rserv						
		B %	R %	B %	R %	B %	R %	B %	R %					
19	4487,95	14	73	25	-	-	-	-	2	11	28	3	16	47
			7129,43							7256,43			2102,07	

donde:

Mt - Miles de toneladas

Bloq, B: - BLOQUES

Rserv, R: - RESERVAS

Podemos decir que el 47 % de las reservas (el 16 % de los bloques) de este yacimiento tienen potencia por bloque mayor de 12 m (la media 17.3 m) y un 28 % de las reservas (el 11 % de los bloques) tienen potencia por bloque mayor de 6 m y menor o igual de 12 m (la media 9.73 m) . Los bloques de esta zona con potencia menor que 4 m (la media 2.22 m) constituyen el 73 % (el 25 % de las reservas) los cuales se distribuyen en las pendientes con una inclinación aproximadamente de 17°. Ver plano_____

Yacimiento Pronóstico.

TABLA # 5

No bloque	Reservas (tn)	P. prom	Int. de m	Categoría
F - 12	37328	1.74	m≤4	I
F - 13	52659	2.6	m≤4	I
E - 10	5333	4.0	m≤4	I
E - 11	26662	2.2	m≤4	I
E - 12	192867	3.21	m≤4	I
E - 13	151980	3.25	m≤4	I
D - 10	79988	2.4	m≤4	I
D - 11	325294	3.5	m≤4	I
D - 12	443952	4.28	m≤6	II
D - 13	221976	3.10	m≤4	I
D - 14	129314	2.6	m≤4	I
D - 15	187309	2.6	m≤4	I
D - 16	41329	2.2	m≤4	I
C - 9	11999	4.5	m≤6	II
C - 10	128649	2.05	m≤4	I
C - 11	272636	3.09	m≤4	I
C - 12	356631	3.76	m≤4	I
C - 13	291301	3.31	m≤4	I
C - 14	313959	3.62	m≤4	I
C - 15	83985	2.20	m≤4	I
C - 16	123976	2.6	m≤4	I
B - 9	59991	2.42	m≤4	I
B - 10	187978	3.06	m≤4	I
B - 11	321167	3.13	m≤4	I
B - 12	300638	3.75	m≤4	I
B - 13	228638	3.00	m≤4	I
B - 14	38661	2.63	m≤4	I
B - 15	74652	2.07	m≤4	I
B - 16	6686	2.50	m≤4	I
A - 11	69324	2.26	m≤4	I
A - 13	11998	2.20	m≤4	I
A - 14	83987	1.85	m≤4	I
A - 15	38661	1.90	m≤4	I

Yacimiento Pronostico.

TABLA # 6

Cant. de Bloques	Reservas Mt	P O T E N C I A E N (m)											
		m ≤ 4			m ≤ 6			6 < m ≤ 12			m > 12		
		Bloq. Rserv.		Bloq. Rserv.		Bloq. Rserv.		Bloq. Rserv.		Bloq. Rserv.		Bloq. Rserv.	
		B %	R %	B %	R %	B %	R %	B %	R %	B %	R %	B %	R %
33	490152	31	94	444555	91	2	6	44595	9	-	-	-	-

donde:

Mt - Miles de toneladas

Bloq. B: - BLOQUES

Rserv, R: - RESERVAS

Como podemos ver el 94 % de los bloques (el 91 % de las reservas) del yacimiento estan representadas por las menas de pocas potencias (la media 2.74 m) las cuales representan un total de 4 445 557 de toneladas, y al rededor de 455 951 de toneladas (el 9% de las reservas del yacimiento) estan distribuidas en las de potencia menor que 6 m (la media 4.39 m), las que representan un 6 % de los bloques del yacimiento. Ver plano_____

Yacimiento Atlántico.

TABLA # 7

No bloque	Reservas(ton)	p. prom.	Inter. de m	Categoría
D - 21	249554	5.98	$m \leq 6$	II
D - 22	348312	4.90	$m \leq 6$	II
D - 23	158905	3.1	$m \leq 4$	I
D - 24	114527	3.38	$m \leq 4$	I
D - 26	11123	1.33	$m \leq 4$	I
C - 18	43001	1.05	$m \leq 4$	I
C - 19	40155	1.79	$m \leq 4$	I
C - 20	103309	9.1	$6 < m \leq 12$	III
C - 21	866129	12.3	$m > 12$	IV
C - 22	563968	8.5	$6 < m \leq 12$	III
C - 23	23315	2.6	$m \leq 4$	I
C - 24	79707	2.8	$m \leq 4$	I
C - 25	65641	1.94	$m \leq 4$	I
B - 18	4591	0.9	$m \leq 4$	I
B - 21	768095	14.4	$m > 12$	IV
B - 22	107983	5.4	$m \leq 6$	II
B - 23	38503	3.3	$m \leq 4$	I
B - 24	18014	2.04	$m \leq 4$	I
B - 25	17448	1.70	$m \leq 4$	I
A - 21	336403	12.74	$m > 12$	IV
A - 23	117216	3.9	$m \leq 4$	I
A - 24	15938	2.1	$m \leq 4$	I
Y - 19	217979	3.48	$m \leq 4$	I
Y - 20	381380	5.4	$m \leq 6$	II
Y - 21	347949	4.61	$m \leq 6$	II
Y - 22	322606	4.45	$m \leq 6$	II
Y - 23	79440	2.32	$m \leq 4$	I
X - 19	128164	2.55	$m \leq 4$	I
X - 20	161812	1.98	$m \leq 4$	I
X - 21	125292	1.82	$m \leq 4$	I
X - 22	79512	1.92	$m \leq 4$	I
X - 23	67546	2.8	$m \leq 4$	I
α - 19	85849	2.33	$m \leq 4$	I
α - 20	108238	1.75	$m \leq 4$	I
β - 19	32365	1.52	$m \leq 4$	I
β - 20	64071	1.39	$m \leq 4$	I
Γ - 20	12440	1.4	$m \leq 4$	I

Yacimiento Atlántico.

TABLA # 8

Cant. de Bloques	Reservas Mt	P O T E N C I A E N (m)															
		m ≤ 4				m ≤ 6				6 < m ≤ 12				m >12			
		Bloq.		Rserv.		Bloq.		Rserv		Bloq		Rserv		Bloq		Rserv	
		B	%	R	%	B	%	R	%	B	%	R	%	B	%	R	%
37	630648	26	70	191079	30	6	16	175778	28	2	6	66727	11	3	8	197062	31

donde:

Mt - Miles de toneladas

Bloq, B: - BLOQUES

Rserv, R: - RESERVAS

Podemos decir que en los 5 bloques que tienen una potencia media de mineral correspondiente : 9.1; 12.3; 8.5; 14.4 y 12.74 metros. La suma de las reservas de estos 5 bloques es de 2 637 904 toneladas (el 42% de las reservas del yacimiento). Las reservas restantes 1 910 792 toneladas (el 30% de las reservas del yacimiento) pertenecen a los bloques que tienen potencia menor o igual que 4 m (la media 2.20 m) y un 28% de las reservas de este yacimiento (1 757 784 toneladas) pertenecen a las de los bloques que tienen potencia menor o igual que 6 m (la media 5.12). Ver plano:_____

Yacimiento Yamanigüey.

TABLA # 9

No bloque	Reservas(tn)	P. prom. (m)	Int. de m	Categoría
I - 15	11220	1.21	$m \leq 4$	I
I - 17	1710	1.30	$m \leq 4$	I
I - 18	4218	1.6	$m \leq 4$	I
I - 19	39378	2.28	$m \leq 4$	I
I - 20	71125	2.30	$m \leq 4$	I
H - 15	61228	1.54	$m \leq 4$	I
H - 20	90159	3.22	$m \leq 4$	I
G - 15	10200	1.27	$m \leq 4$	I
G - 17	45346	3.78	$m \leq 4$	I
G - 20	252183	9.32	$6 < m \leq 12$	III
G - 21	87252	5.8	$m \leq 6$	II
F - 15	23970	1.21	$m \leq 4$	I
F - 16	26054	4.85	$m \leq 6$	II
F - 17	53685	1.95	$m \leq 4$	I
F - 18	97789	1.55	$m \leq 4$	I
F - 19	231539	5.09	$m \leq 6$	II
F - 20	347536	12.49	$m > 12$	IV
E - 15	29580	1.44	$m \leq 4$	I
E - 16	92954	1.59	$m \leq 4$	I
E - 17	21420	1.62	$m \leq 4$	I
E - 18	93761	3.04	$m \leq 4$	I
E - 19	2350	0.9	$m \leq 4$	I
E - 20	15613	1.23	$m \leq 4$	I

Yacimiento Yamanigüev.

TABLA # 10

Cant. de Bloques	Reservas Mt	P O T E N C I A E N (m)											
		m ≤ 4			m ≤ 6			6 < m ≤ 12			m > 12		
		Bloq. Rserv.		Bloq. Rserv.		Bloq. Rserv.		Bloq. Rserv.		Bloq. Rserv.		Bloq. Rserv.	
		B %	R %	B %	R %	B %	R %	B %	R %	B %	R %	B %	R %
23	1710,27	18	78	45	3	14	20	1	4	15	1	4	20

donde:

Mt - Miles de toneladas

Bloq, B: - BLOQUES

Rserv, R: - RESERVAS

Este yacimiento está casi totalmente explotado, sólo le quedan las reservas que están atadas a los pilares de camino las que permiten el acceso a otros yacimientos, por lo cual en este momento no son explotadas a excepto que por una estrategia en base a sus contenidos sean extraídas ya que se encuentran dentro del balance de reservas de minerales de la mina. Estas reservas se encuentran aproximadamente distribuidas en diferentes intervalos de potencia. Ver plano:_____

Yacimiento Zona A.

TABLA # 11

No bloque		Reservas(tn)	P. prom (m)	Inter. de m	Categoría
N - 31		199202	7.04	6<m≤12	III
N - 32		8554	3.50	m≤4	I
O - 27		39107	3.56	m≤4	I
O - 28		167427	5.07	m≤6	II
O - 29		321412	7.31	6<m≤12	III
O - 30		16498	1.69	m≤4	I
O - 31		416736	5.33	m≤6	II
O - 32		541390	8.20	6<m≤12	III
O - 33		592107	8.65	6<m≤12	III
O - 34		17109	7.0	6<m≤12	III
P - 27		122210	5.0	m≤6	II
P - 28		257863	5.28	m≤6	II
P - 29		817584	8.47	6<m≤12	III
P - 30		285360	4.97	m≤6	II
P - 31		686209	7.39	6<m≤12	III
P - 32		974013	9.84	6<m≤12	III
P - 33		759535	7.77	6<m≤12	III
P - 34		211423	7.86	6<m≤12	III
Q - 28		32996	3.38	m≤4	I
Q - 29		550943	6.65	6<m≤12	III
Q - 30		397226	5.95	m≤6	II
Q - 31		776644	8.04	6<m≤12	III
Q - 32		805974	8.14	6<m≤12	III
Q - 33		675210	7.18	6<m≤12	III
Q - 34		10998	9.0	6<m≤12	III
R - 28		75770	6.89	6<m≤12	III
R - 29		549945	6.82	6<m≤12	III
R - 30		571331	6.23	6<m≤12	III
R - 31		563993	6.24	6<m≤12	III
R - 32		617160	7.01	6<m≤12	III
R - 33		647360	7.51	6<m≤12	III
S - 28		56216	6.57	6<m≤12	III
S - 29		339743	4.56	m≤6	II
S - 30		399626	5.45	m≤6	II
S - 31		388627	5.48	m≤6	II
S - 32		743036	7.79	6<m≤12	III
S - 33		650157	8.72	6<m≤12	III
T - 28		7332	6.0	m≤6	II
T - 30		23219	3.8	m≤4	I
T - 31		28108	4.60	m≤6	II
T - 32		67215	9.17	6<m≤12	III
T - 33		69659	8.14	6<m≤12	III

Yacimiento Zona A.

TABLA # 12

Cant. de Bloques	Reservas Mt	P O T E N C I A E N (m)															
		m ≤ 4		m ≤ 6		6 < m ≤ 12		m >12									
		Bloq.	Rserv.	Bloq.	Rserv	Bloq	Rserv	Bloq	Rserv								
		B %	R %	B %	R %	B %	R %	B %	R %	B %	R %						
42	1548222	5	12	12037	1	11	26	2810,25	18	26	62	1255759	81	—	—	—	—

donde:

Mt - Miles de toneladas

Bloq, B: - BLOQUES

Rserv, R: - RESERVAS

En este yacimiento sus mayores reservas, (el 81% de las reservas del yacimiento) se encuentran distribuidas en las potencias mayores que 6 m y menores o iguales que 12 m (la media 7.69 m). Las reservas restantes 2 930 632 toneladas, (el 19% del yacimiento) se encuentran distribuidas entre las potencias menor o igual que 6 m (la media 4.60). Ver plano:_____

Yacimiento Moa Oriental.

TABLA # 13

No bloque	Reservas(tn)	P. prom. (m)	Inter. de m	Categoría
J - 36	1278866	13.6	$m > 12$	IV
L - 36	884112	9.4	$6 < m < 12$	III
M - 36	229805	9.2	$6 < m < 12$	III
H - 36	235114	3.7	$m < 4$	I
H - 37	214754	3.8	$m < 4$	I
I - 36	358653	4.3	$m < 6$	II
I - 37	295906	3.8	$m < 4$	I
K - 36	866860	9.8	$6 < m < 12$	III
J - 38	173316	2.8	$m < 4$	I
K - 37	258863	4.8	$m < 6$	II
K - 39	236276	2.9	$m < 4$	I
L - 37	153327	3.8	$m < 4$	I
I - 38	186972	2.8	$m < 4$	I
I - 39	194280	2.9	$m < 4$	I
L - 38	176504	2.8	$m < 4$	I
K - 40	150329	2.6	$m < 4$	I
J - 37	307769	4.1	$m < 4$	I
L - 40	253708	4.8	$m < 6$	II
M - 37	396058	6.3	$6 < m < 12$	III
J - 40	340621	4.8	$m < 6$	II
L - 39	354107	6.1	$m < 6$	II
M - 40	158937	3.4	$m < 4$	I
H - 38	67633	1.9	$m < 4$	I
J - 39	198156	2.8	$m < 4$	I
K - 38	184037	3.2	$m < 4$	I
M - 39	156351	3.5	$m < 4$	I
G - 38	14443	1.4	$m < 4$	I
M - 38	145263	4.2	$m < 6$	II
J - 41	255906	4.2	$m < 6$	II
J - 42	582041	7.2	$6 < m < 12$	III
K - 41	229422	3.0	$m < 4$	I
K - 42	628582	7.2	$6 < m < 12$	III
L - 41	219465	4.2	$m < 6$	II
M - 41	246328	4.3	$m < 6$	II
J - 34	51186	1.8	$m < 4$	I
J - 35	468004	7.4	$6 < m < 12$	III
J - 43	533569	6.9	$6 < m < 12$	III
J - 44	538524	7.1	$6 < m < 12$	III
J - 45	224160	5.5	$m < 6$	II
J - 46	4622	4.0	$m < 4$	I

TABLA 13 (continuación yacimiento Moa Oriental)

Reservas(tn)			Categoria	
K - 34	27730	4.8	$m \leq 6$	II
K - 35	572176	7.9	$6 < m \leq 12$	III
K - 43	434245	6.8	$6 < m \leq 12$	III
K - 44	464376	5.9	$m \leq 6$	II
K - 45	168687	2.6	$m \leq 4$	I
K - 46	12710	2.2	$m \leq 4$	I
L - 33	13287	1.9	$m \leq 4$	I
L - 35	890073	10.1	$6 < m \leq 12$	III
G - 35	117080	4.3	$m \leq 6$	II
G - 36	238870	3.5	$m \leq 4$	I
G - 37	88875	1.8	$m \leq 4$	I
G - 43	62394	2.0	$m \leq 4$	I
G - 44	27153	1.7	$m \leq 4$	I
H - 33	44947	2.0	$m \leq 4$	I
H - 34	143297	2.4	$m \leq 4$	I
H - 35	491795	5.6	$m \leq 6$	II
H - 39	40440	1.5	$m \leq 4$	I
H - 40	63213	1.6	$m \leq 4$	I
H - 41	38252	1.7	$m \leq 4$	I
H - 42	174016	3.9	$m \leq 4$	I
H - 43	526325	7.5	$6 < m \leq 12$	III
H - 44	384585	7.6	$6 < m \leq 12$	III
H - 45	10399	3.0	$m \leq 4$	I
I - 33	49684	1.9	$m \leq 4$	I
I - 34	96710	1.9	$m \leq 4$	I
I - 35	154593	2.4	$m \leq 4$	I
I - 40	50310	1.9	$m \leq 4$	I
I - 41	114732	3.9	$m \leq 4$	I
I - 42	718306	9.9	$6 < m \leq 12$	III
I - 43	781700	9.3	$6 < m \leq 12$	III
I - 44	445744	6.4	$6 < m \leq 12$	III
I - 45	7510	1.1	$m \leq 4$	I
L - 34	231822	3.8	$m \leq 4$	I
M - 42	496916	6.34	$6 < m \leq 12$	III
M - 43	324398	4.72	$m \leq 6$	II
M - 44	76856	3.25	$m \leq 4$	I
L - 42	661575	7.30	$6 < m \leq 12$	III
L - 43	502920	6.67	$6 < m \leq 12$	III
L - 44	322905	5.15	$m \leq 6$	II
L - 45	40471	1.85	$m \leq 4$	I

Yacimiento Moa Oriental.

TABLA # 14

Cant. de Bloques	Reservas Mt	P O T E N C I A E N (m)															
		m ≤ 4				m ≤ 6				6 < m ≤ 12				m > 12			
		Bloq.		Rserv.		Bloq.		Rserv		Bloq		Rserv		Bloq		Rserv	
		B	%	R	%	B	%	R	%	B	%	R	%	B	%	R	%
80	22551,04	43	54	5326,69	24	16	20	4405,36	20	20	25	11540,12	51	1	1	1278,86	5

donde:

Mt - Miles de toneladas

Bloq, B: - BLOQUES

Rserv, R: - RESERVAS

Este yacimiento está planificado para entrar en explotación para el quinquenio 96-2000. En este quinquenio deben de ser laboradas las zonas (bloques) que tengan una mayor potencia. En el estudio hecho, cerca de 1 278 866 ton (el 5 % de la reserva del yacimiento) posee potencia mayor de 12 m (la media 13.6 m) y al rededor de 11 540 120 ton (51 % de la reserva del yacimiento) tienen potencia mayor de 6 m y menor o igual que 12 m (la media 7.82 m), también en él existen alrededor de 5 326 696 ton (24 % de las reservas del yacimiento) que tiene potencia menor o igual a 4 m, lo que representan el 54 % de los bloques del yacimiento.

4.2.3. Variantes de mecanización para la extracción y carga del mineral en los yacimientos lateríticos.

Al proyectar o seleccionar el equipo de transporte sin tener en cuenta el equipo de carga trae como consecuencia:

- 1.- Altas cargas dinámicas
- 2.- No proporcionalidad entre las dimensiones de la cuchara y la capacidad del camión.

Por lo anteriormente planteado es necesario a la hora de seleccionar estos equipos una relación óptima entre los dos sistemas Carga-Transporte.

Parámetros fundamentales que se tienen en cuenta para la proyección de los diferentes subsistemas:

- 1.-Geomorfología de los yacimientos
- 2.-Características físico-mecánicas del material a transportar
- 3.-Condiciones climáticas
- 4.-Productividad planificada y régimen de trabajo

Otros factores que tendremos en cuenta para la selección de la tecnología para realizar la actividad de carga:

- Tipo de carga: Será de desplazamiento.
- Topografía: Variable.

- Rodaje que va a tener: El rodaje a utilizar en la excavadora propuesta será de esteras, para tener mayor movilidad, ya que serán utilizadas en yacimiento de baja y mediana potencia, y el avance de la minería es muy rápido
- Suministro de energía: Proponemos excavadoras que consuman diesel.
- Fuerza de penetración del equipo al masizo que hace falta.
- El terreno por donde se moverá la excavadora debe estar nivelado, para evitar una avería de cuantía a esta y un accidente.

De acuerdo al estudio geomorfológico para los diferentes yacimiento partiremos de la relación siguiente:

$$C_c \frac{1}{3} \leq H_e$$

donde:

C_c -- Capacidad del cubo en m^3 .
 H = Altura del escalon, en m.

Es decir, la capacidad del cubo debe ser 1/3 menor o igual que la altura del escalón o potencia.

Por lo cual podemos definir, para los diferentes yacimientos y bloques que capacidad del cubo de la excavadora y que capacidad del camión se debe utilizar (estos dos parámetros estan estrechamente vinculados y de su correcta selección depende la óptima utilización del equipo de arranque y carga, y el

equipo de transporte).

Estos parámetros se relacionan a partir de una serie paramétrica de 1 a 12. Esta relación entre la capacidad de la cuchara de la excavadora (en m^3) y la capacidad de la cama del camión (en m^3) se considera óptima para camiones pequeños cuando está en el rango de 3 a 5 y se considera óptima para camiones grandes cuando está en el rango de 8 a 10, considerando perjudiciales los superiores a 5 y menores de 3 para camiones pequeños y los superiores a 10 para camiones grandes, debido al incremento excesivos del tiempo de carga del camión.

Estimamos que para los yacimientos que estamos analizando (Zona Sur, Pronóstico, Atlántico, Zona A, Yamanigüey y Moa Oriental) las excavadoras dragalinas apropiadas para hacer una minería racional y de manera que se incurra en la menor incorporación del mineral que empobrezcan la mena alimentada al proceso fabril, teniendo en cuenta que al minar los fondos se incorpora un alto porcentaje de Mg, elemento que es nocivo para el proceso tecnológico. En el caso que estamos analizando para potencia que sean menor o igual que 6 m ($m \leq 6$) los cubos óptimos oscilan entre $1.75 m^3$ y $3 m^3$. Por lo que decidimos escoger excavadoras con capacidad de $3 m^3$, teniendo en cuenta que en el centro de masa de mineral de estos yacimientos la potencia tiende a aumentar.

minas cambia en un amplio margen, por lo que se hace necesario el abastecimiento de camiones seriados con camas intercambiables lo que permite una mayor utilización efectiva del automovil en diferentes condiciones. Muchos volquetes del área capitalista tienen un juego de camas intercambiables.

De acuerdo al estudio geomorfológico, la calidad del mineral y el balance de reserva a partir del 1-1-95 se plantean dos estrategia de minería para cumplir con los requerimientos de la fábrica PSA para los próximos 15 años en cuanto a reservas a suministrar por año y calidad de las mismas.

En el estudio geomorfológico se tienen en cuenta 4 intervalos de potencia y se hace el análisis para todos los yacimientos, base de materia prima de dicha industria.

A continuación se muestran las tablas resúmenes Nro. (15, 16, 17, 18, 19, 20) de resultados de este estudio y los planos (), donde se muestran el comportamiento de la potencia según los intervalos antes mencionados.

Yacimiento Zona Sur

TABLA # 15

Inter. pot. m	Reserv. (t)	CONTENIDOS %		
		Ni	Fe	Co
m≤4	1129434	1.375	41.81	0.07
m≤6				
6<m≤12	1256437	1.27	42.35	0.095
m>12	2102079	1.295	43.43	0.099

Yacimiento Pronóstico

TABLA # 16

Inter. Pot. m	Reserv. (t)	CONTENIDOS %		
		Ni	Fe	Co
m≤4	4445557	1.46	42.48	0.081
m≤6	455951	1.50	44.15	0.085
6<m≤12				
m>12				

Yacimiento Atlántico

TABLA # 17

Inter. pot. m	Reserv. (t)	CONTENIDOS %		
		Ni	Fe	Co
m≤4	1910792	1.32	44.88	0.106
m≤6	1757788	1.266	45.93	0.128
6<m≤12	667277	1.317	44.89	0.124
m>12	1970627	1.317	45.32	0.118

Yacimiento Zona A.

TABLA # 18

Inter. Pot. m	Reserv. (t)	CONTENIDOS %		
		Ni	Fe	Co
m≤4	120374	1.01	44.54	0.152
m≤6	2810258	1.11	45.16	0.153
6<m≤12	12551559	1.17	44.46	0.124
m>12				

Yacimiento Yamanigley (cuerpo 1)Yacimiento Moa Otiental

TABLA # 19

Inter. pot. m	Reserv. (t)	CONTENIDOS %		
		Ni	Fe	Co
m≤4	765706	1.438	42.10	0.836
m≤6	344845	1.37	243.63	0.114
6<m≤12	252183	1.362	42.39	0.140
m>12	347536	1.273	44.09	20.106

TABLA # 20

Inter. Pot. m	Reserv. (t)	CONTENIDOS %		
		Ni	Fe	Co
m≤4	5326696	1.273	46.63	0.140
m≤6	4405360	1.287	47.16	0.155
6<m≤12	11540120	1.337	47.32	0.148
m>12	1278866	1.49	47.10	0.145

Resumen del vacimeiento Moa por intervalos de potencia.

TABLA # 21

Inter. poten. m	Reserv. (t)	CONTENIDOS %			
		Ni	Fe	Co	% Particip.
m≤4	13698559	1.355	44.37	0.149	25
m≤6	9774198	1.245	46.10	0.145	18
6<m≤12	26267612	1.254	45.60	0.133	47
m>12	5699108	1.345	44.95	0.116	10
Total	55439477	1.287	45.3	0.137	100

PRIMERA ESTRATEGIA.

TABLA # 22

Inter. poten. m	Reserv. (t)	CONTENIDOS %			
		Ni	Fe	Co	% Particip.
4≥m>12	19397667	1.352	44.54	0.139	100
m≤4	13698559	1.355	44.37	0.149	70.7
m>12	5699108	1.345	44.95	0.116	29.3

(A):Tonelaje a minar en 15 años de vida útil con contenidos de Ni=1.356, Fe=44.0 y Co=0.11.

A=33 900 000 ton

(E):Tonelaje a minar por año en PSA a partir de 1995 con contenidos de Ni=1.356,Fe=44.0 y Co=0.11

E=2 260 000 ton

En la primera estrategia se agota totalmente las reservas con potencia m≤4 y m>12 debido a la calidad de sus reservas. Ver tabla 22.

TABLA # 23

Inter. poten. m	Reserv. (t)	CONTENIDOS %			
		Ni	Fe	Co	% Particip.
$4 \geq m > 12$	19397665	1.352	44.54	0.139	57.3
$4 < m \leq 12$	14502333	1.361	45.73	0.136	42.7
Total	33900000	1.356	45.05	0.138	100

En esta estrategia se extraen 14 502 333 ton de los intervalos de potencia $m > 4$ y $m \leq 12$ para lograr el tonelaje a minar en los 15 años de minería analizados. Ver tabla 23.

En el año cálculo la participación por intervalos de potencias es:

TABLA # 24

No	Inter. poten.	Reserv. (t)	CONTENIDOS %			% PARTICIPA.
			Ni	Fe	Co	
1	$4 \geq m > 12$	1294980	1.352	44.54	0.139	57.3
2	$4 < m \leq 12$	965020	1.361	45.73	0.136	42.7
	Total	2260000	1.356	45.05	0.138	100

a) En el intervalo NO-1 la participación será: ver tabla 24

-Para $m \leq 4$

Reservas	Ni	Fe	Co	% participación
915 551 ton	1.355	44.37	0.149	70.7

-Para $m > 12$

Reservas	Ni	Fe	Co	% participación
379 429 ton	1.345	44.95	0.116	29.3

b) En el intervalo NO-2 la participación será: ver tabla 24

-Para $4 < m \leq 6$

Reservas	Ni	Fe	Co	% participación
260 556	1.361	46.10	0.145	27

-Para $6 < m \leq 12$

Reservas	Ni	Fe	Co	% participación
704 465	1.361	45.60	0.133	73

El minado se realizara de forma selectiva agotando el mineral de mayor ley de las reservas siguiente 14 502 333 ton de 1.361 de Ni, 45.73 de Fe y 0.136 de Co.

TABLA # 25

No	Inter. poten.	Reserv. (t)	CONTENIDOS %			% PARTICIPA.
			Ni	Fe	Co	
3	$m \leq 6$	9774198	1.245	46.10	0.145	27
4	$6 < m \leq 12$	26267612	1.254	45.60	0.133	73
	Total	36041810	1.255	45.73	0.136	100

Quedando por agotar de los intervalos NO-3 y NO-4 21 539 477 ton de 1.1836 de Ni, 45.73 de Fe y 0.136 de Co después de los 15 años.

El resumen de esta estrategia para saber el tonelaje que se va a extraer por año por las difertes excavadoras teniendo en cuenta los intervalos de potencia y el porciento de participación de estas reservas en esos mismos intervalos.

TABLA # 26

Inter. poten.	Reserv. (t)	CONTENIDO %			CAPACIDAD DEL CUBO m ³
		Ni	Fe	Co	
m≤4	915551	1.355	44.37	0.149	3.0
4<m≤6	260556	1.361	44.10	0.145	
Total	1176107	1.356	44.75	0.148	
6<m≤12	704465	1.361	45.60	0.133	5.0
m>12	379428	1.345	44.95	0.116	
Total	1083893	1.356	45.37	0.127	
TOTAL G	2260000	1.356	45.05	0.138	

SEGUNDA ESTRATEGIA.

TABLA # 27

Inter. poten.	Reserv. (t)	CONTENIDO %			% de participación
		Ni	Fe	Co	
4≥m≤6	23472757	1.309	45.09	0.147	100
m≤4	13698559	1.355	44.37	0.149	58.4
m≤6	9774198	1.245	46.10	0.145	41.6

(A):Tonelaje a minar en 15 años de vida útil con contenidos de Ni=1.356,Fe=44.0 y Co=0.11.

A=33 900 000 ton

(E):Tonelaje a minar por año en PSA a partir de 1995 con contenidos de Ni=1.356,Fe=44.0 y Co=0.11

E=2 260 000 ton

En esta segunda estrategia se agota totalmente las reservas con potencia $m \leq 4$ y $m \leq 6$ debido a la calidad de sus reservas. Ver tabla 27.

TABLA # 28

Inter. poten.	Reserv. (t)	CONTENIDOS %			% PARTICIPA.
		Ni	Fe	Co	
$4 \leq m \leq 6$	23472757	1.309	45.09	0.147	69.3
$6 < m > 12$	10427243	1.462	45.48	0.130	30.7
Total	33900000	1.356	45.21	0.142	100

En esta estrategia se extraen 10 427 243 ton de los intervalos de potencia $6 < m \leq 12$ y $m > 12$ para lograr el tonelaje a minar en los 15 años de minería analizados. Ver tabla 27.

En el año cálculo, la participación por intervalos de potencias

es:

TABLA # 29

No	Inter. poten.	Reserv. (t)	CONTENIDOS %			% PARTICIPA.
			Ni	Fe	Co	
1	$4 \leq m \leq 6$	1566180	1.309	45.09	0.147	69.3
2	$6 < m > 12$	693820	1.462	45.48	0.130	30.7
	Total	2260000	1.356	45.21	0.142	100

a) En el intervalo NO-1 la participación será: ver tabla 29

-Para $m \leq 4$

Reservas	Ni	Fe	Co	% participación
914 649 ton	1.355	44.37	0.149	58.4

-Para $m \leq 6$

Reservas	Ni	Fe	Co	% participación
651 531 ton	1.245	46.10	0.145	41.6

b) En el intervalo NO-2 la participación será: ver tabla 29

-Para $6 < m \leq 12$

Reservas	Ni	Fe	Co	% participación
568 932	1.4618	45.60	0.133	82

-Para $m > 12$

Reservas	Ni	Fe	Co	% participación
124 888	1.4618	44.95	0.116	18

El minado se realizará de forma selectiva agotando el mineral de mayor ley de las reservas siguiente 10 427 243 ton de 1.462 de Ni, 45.48 de Fe y 0.130 de Co.

TABLA # 30

Nº	Intervalos de Potencia (M)	Reserv. (t)	Contenidos (%)			Porciento de Participación
			Ni	Fe	Co	
3	$6 < m \leq 12$	26267612	1.254	45.60	0.133	82
4	$m > 12$	5699108	1.345	44.95	0.116	18
Total		31966720	1.270	45.48	0.130	100

Quedando por agotar de los intervalos Nº 3 y Nº 4 21 539 477 ton de 1.177 de Ni, 45.48 de Fe y 0.130 de Co después de los 15 años. Ver tabla 30

El resumen de esta estrategia para saber el tonelaje que se va a extraer por año por las diferentes excavadoras teniendo en cuenta los intervalos de potencia y el porciento de participación de estas reservas en esos mismos intervalos. Ver tabla 31

TABLA # 31

Intervalos de Potencia (M)	Reserv. (t)	Contenidos (%)			Capacidad del Cubo
		Ni	Fe	Co	
$m \leq 4$	26267612	1.254	45.60	0.133	3 m ³
$4 < m \leq 6$	5699108	1.345	44.95	0.116	
Subtotal	1566180	1.309	45.09	0.147	
$6 < m \leq 12$	568932	1.462	45.60	0.133	5 m ³
$m > 12$	124888	1.462	44.95	0.116	
Subtotal	693820	1.462	45.48	0.130	
Total	2260000	1.356	45.21	0.142	

Los cálculos del equipamiento actual y futuro en la mina PSA, estos los realizaremos con la estrategia número uno debido a que por este método se agota los minerales de mejor calidad y la potencia promedio está en correspondencia con los requerimientos de la planta metalúrgica en cuanto a los elementos nocivos (Mg, Si).

Cálculo de la cantidad de excavadora.

$$E_{ex} = \frac{M_m * F}{D_{eex} * Q_{ex} * N * H_t}, (U)$$

Donde:

M_m - Mineral a minar en el año, 2 260 000 (t)

- Para potencia mayor que 6 m y capacidad del cubo de 5 m³

$$M_m = 1\,083\,893\,t$$

- Para potencia menor o igual que 6 m y capacidad del cubo de 3 m³

$$M_m = 1\,176\,107\,t$$

F - Coeficiente de irregularidad de la mina; F = 1.25

D_{eex} - Días efectivos en extracción, $D_{eex} = 314$

H - Duración del turno de trabajo, H = 8 horas

Q_{ex} - Productividad horaria de la excavadora

Cálculo de la productividad horaria de la excavadora.

$$Q_{ex}^h = \frac{3600 * E * K_u * K_{11} * P_v * K_1}{T_c * K_e}, t/h$$

Donde:

E - Capacidad de cubo

Para potencia menor o igual que 6 m $E = 3 \text{ m}^3$

Para potencia mayor que 6 m $E = 5 \text{ m}^3$

K_u - Coeficiente de utilización $K = 0.7$

P_v - Peso volumétrico del mineral, $P_v = 1.128 \text{ t/m}^3$

K_{ll} - Coeficiente de llenado, $K_{ll} = 1.1$

K_i - Coeficiente que tiene en cuenta la irregularidad del trabajo de la excavadora $K = 0.77$

T_c - Tiempo del ciclo

Para excavadoras de $E = 3 \text{ m}^3$ Para excavadoras de $E = 5 \text{ m}^3$

$T_c = 1.5 * 32$

$T_c = 1.5 * 42$

$T_c = 48 \text{ seg}$

$T_c = 63 \text{ seg}$

K_e - Coeficiente de esponjamiento, $K_e = 1.30$

$$\text{Para } E = 3 \text{ m}^3: Q_{ex}^h = \frac{3600 * 3 * 0.7 * 1.1 * 1.128 * 0.77}{48 * 1.30}$$

$$Q_{ex}^h = 116 \text{ t/h}$$

$$\text{Para } E = 5 \text{ m}^3: Q_{ex}^h = \frac{3600 * 5 * 0.7 * 1.1 * 1.128 * 0.77}{63 * 1.30}$$

$$Q_{ex}^h = 145 \text{ t/h}$$

Cálculo de la productividad diaria.

$$Q_{ex}^d = Q_{ex}^h * N * H_t \quad t/día$$

$$\begin{aligned} \text{Para } E = 3 \text{ m}^3: \quad Q_{ex}^d &= 116 * 3 * 8 \\ Q_{ex}^d &= 2784 \text{ t/día} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Para } E = 5 \text{ m}^3: \quad Q_{ex}^d &= 145 * 3 * 8 \\ Q_{ex}^d &= 3480 \text{ t/día} \end{aligned}$$

Cálculo de la productividad anual.

$$Q_{ex}^a = Q_{ex}^d * D_{ex}, \text{ t/año}$$

$$\begin{aligned} \text{Para } E = 3 \text{ m}^3: \quad Q_{ex}^a &= 2784 * 314 \\ Q_{ex}^a &= 874176 \text{ t/año} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Para } E = 5 \text{ m}^3: \quad Q_{ex}^a &= 3480 * 314 \\ Q_{ex}^a &= 1092720 \text{ t/año} \end{aligned}$$

Equipos necesarios.

$$\text{Para } E = 3 \text{ m}^3: \quad E_{ex} = \frac{1176107 * 1.25}{314 * 116 * 3 * 8}, \quad E_{ex} = 2 \text{ excavadoras}$$

$$\text{Para } E = 5 \text{ m}^3: \quad E_{ex} = \frac{1083893 * 1.25}{314 * 145 * 3 * 8}, \quad E_{ex} = 2 \text{ excavadoras}$$

Parque de equipos.

$$P_{ex} = E_{ex} * K_{up}$$

Donde:

K_{up} - Coeficiente de utilización del parque de equipos

$$K_{up} = 1.3 \text{ hasta } 1.4$$

$$\text{Para } E = 3 \text{ m}^3: P_{ex} = 2 * 1.36, P_{ex} = 3 \text{ excavadoras}$$

$$\text{Para } E = 5 \text{ m}^3: P_{ex} = 2 * 1.36, P_{ex} = 3 \text{ excavadoras}$$

Cálculo de la capacidad de la cuchara de las excavadoras.

$$C_c = \frac{E * K_{l1} * P_v}{K_e}$$

Donde:

E - Capacidad del cubo, m^3

K_l - Coeficiente de llenado

P_v - Peso volumétrico, t/m^3

K_e - Coeficiente de esponjamiento

$$\text{Para } E = 3 \text{ m}^3: C_c = \frac{3 * 1.1 * 1.128}{1.30} \quad C_c = 2.86 \text{ t}$$

$$\text{Para } E = 5 \text{ m}^3: C_c = \frac{5 * 1.1 * 1.128}{1.30} \quad C_c = 4.77 \text{ t}$$

Volumen de mineral que carga la cuchara.

$$C_{cv} = E * \frac{K_{11}}{K_e}$$

Para $E = 3 \text{ m}^3$: $C_{cv} = 3 * \frac{1.1}{1.3}$, $C_{cv} = 2.54 \text{ m}^3$

Para $E = 5 \text{ m}^3$: $C_{cv} = 5 * \frac{1.1}{1.3}$, $C_{cv} = 4.23 \text{ m}^3$

Cálculo del número de cubos en función de la capacidad volumétrica del camión.

Capacidad del camión	540	548	549
C_t (t)	27	40	75
C_v (m^3)	15	21	35

$$N_c = \frac{C_v}{C_{cv}}$$

Para $E = 3 \text{ m}^3$

Belaz 540.

$$N_c = \frac{15}{2.54}$$

$N_c = 5$ cubos

Belaz 548

$$N_c = \frac{21}{2.54}$$

$N_c = 8$ cubos

Para $E = 5 \text{ m}^3$

Belaz 540

$$N_c = \frac{15}{4.23}$$

$N_c = 3$ cubos

Belaz 548

$$N_c = \frac{21}{4.23}$$

$N_c = 5$ cubos

Belaz 549

$$N_c = \frac{35}{2.54}$$

$$N_c = 14 \text{ cubos}$$

Belaz 549

$$N_c = \frac{35}{4.23}$$

$$N_c = 8 \text{ cubos}$$

El BELAZ 540 se considera dentro del rango óptimo de la serie paramétrica para camiones pequeños con uso de excavadoras de capacidad del cubo de 3 m³, no así el BELAZ 548 y 549. Para el caso, de excavadoras con capacidad del cubo de 5 m³ el BELAZ 540 y 548 se consideran dentro del rango óptimo en la serie paramétrica para camiones pequeños, no así el BELAZ 549.

Cálculo de la capacidad de carga de los camiones.

$$q_c = \frac{C_v * P_v}{K_e} * K_{11}$$

Donde:

K_e - Coeficiente de llenado

Para el BELAZ 540, $C_v = 15 \text{ m}^3$

Para el BELAZ 548, $C_v = 21 \text{ m}^3$

BELAZ 540

$$q_c = \frac{15 * 1.128 * 1.11}{1.30}$$

$$q_c = 14.4 \text{ t}$$

BELAZ 548

$$q_c = \frac{21 * 1.128 * 1.11}{1.30}$$

$$q_c = 20.2 \text{ t}$$

Tiempo de realización del ciclo del camión.

$$T_{cc} = T_{carga} + T_{descarg.} + T_m + T_r$$

Donde:

T_{carga} - Tiempo en que la excavadora realiza un ciclo de carga, seg

$$T_{carga} = \frac{T_c}{60} * N_c$$

N_c - Cantidad de cubos necesarios para un camión

Para el Belaz 540, $N_c = 5$

Para el Belaz 548, $N_c = 5$

$T_{descarg.}$ - Tiempo de descarga del camión,

$$T_{descarg.} = 1.5 \text{ min}$$

T_m - Tiempo que emplea el camión en maniobra para ser cargado y descargado, $T_m = 2 \text{ min}$

T_r - Tiempo de recorrido del camión

$$T_r = T_{rc} + T_{rv}, \text{ min.}$$

Donde:

T_{rc} - Tiempo de recorrido cargado, min.

T_{rv} - Tiempo de recorrido vacío, min

$$T_r = \left(\frac{e}{V_{carga}} + \frac{e}{V_{vacío}} \right) * 60, \text{ min.}$$

e - Espacio recorrido con una distancia de tiro promedio de 2.5 km.

V_{carga} - Velocidad promedio del camión cargado, 20 Km/h

$V_{\text{vacío}}$ - Velocidad promedio del camión vacío, 30 Km/h

Para excavadora de $E = 3 \text{ m}^3$, $T_c = 48 \text{ seg}$

$$T_{\text{carga}} = \frac{48}{60} * 5 = 4 \text{ min.}$$

Para excavadora de $E = 5 \text{ m}^3$, $T_c = 63 \text{ seg}$

$$T_{\text{carga}} = \frac{63}{60} * 5 = 5 \text{ min.}$$

$$T_r = \left(\frac{2.50}{20} + \frac{2.50}{30} \right) * 60 = 12 \text{ min.}$$

Para excavadora de $E = 3 \text{ m}^3$ $T_{cc} = 4 + 1.5 + 2 + 12$
(con el Belaz 540) $T_{cc} = 20 \text{ min.}$

Para excavadora de $E = 5 \text{ m}^3$ $T_{cc} = 5 + 1.5 + 2 + 12$
(con el Belaz 548) $T_{cc} = 21 \text{ min.}$

Cálculo de la productividad horaria del camión.

$$P_h = \frac{60}{T_{cc}} * q_c, \text{ t/h}$$

Donde:

q_c - Capacidad de carga

Para el BELAZ 540 $q_c = 15 \text{ t}$

Para el BELAZ 548 $q_c = 21 \text{ t}$

$$P_h = \frac{60}{20} * 15 = 45 \text{ t/h, para el BELAZ 540}$$

$$P_h = \frac{60}{21} * 21 = 60 \text{ t/h, para el BELAZ 548}$$

Productividad por turno del camión.

$$P_t = P_h * C_h, \text{ t/turno}$$

Donde:

C_h - Duración del turno, $C_h = 8 \text{ h}$, pero por normas establecidas se utiliza $C_h = 6.40 \text{ h}$

$$P_t = 45 * 6.40 \quad (\text{para el BELAZ 540})$$

$$P_t = 288 \text{ t/turno}$$

$$P_t = 60 * 6.40 \quad (\text{para el BELAZ 548})$$

$$P_t = 384 \text{ t/turno}$$

Productividad diaria del camión.

$$P_d = P_t * N_{\text{tur}}, \text{ t/día}$$

Donde:

N_{turn} - Cantidad de turnos que se trabaja

$$P_d = 288 * 3 \quad (\text{para el BELAZ 540})$$

$$P_d = 864 \text{ t/día}$$

$$P_d = 384 * 3$$

(para el BELAZ 548)

$$P_d = 1152 \text{ t/día}$$

Productividad anual de camión.

$$P_a = P_d * C_{da}, \text{ t/año}$$

Donde:

C_{da} - Cantidad de días efectivos de trabajo en el año

$$C_{da} = 314 \text{ días}$$

$$P_a = 364 * 314$$

(para el BELAZ 540)

$$P_a = 271296 \text{ t/año}$$

$$P_a = 1152 * 314$$

(para el BELAZ 548)

$$P_a = 361728$$

Cantidad de camiones necesarios según la productividad de la mina.

$$C_c = \frac{P_m}{P_a}, \text{ u}$$

Donde:

P_m - Productividad anual de la mina, $P_m = 2260000 \text{ t/año}$

Con excavadora de $E = 3 \text{ m}^3$, $P_m = 1176107 \text{ t/año}$

Con excavadora de $E = 5 \text{ m}^3$, $P_m = 1083893 \text{ t/año}$

$$C_c = \frac{1176107}{271296}$$

(para BELAZ 540)

$$C_c = 4 \text{ camiones}$$

$$C_c = \frac{1083893}{361728} \quad (\text{para BELAZ 548})$$

$$C_c = 3 \text{ camiones}$$

Parque total de camiones.

$$P_{tc} = C_c * K_{up}$$

Donde:

K_{up} - Coeficiente de utilización del parte de equipos

$K_{up} = 1.3 \text{ hasta } 1.4$

$$P_{tc} = 4 * 1.36 \quad (\text{para BELAZ 540})$$

$$P_{tc} = 5 \text{ Camiones}$$

$$P_{tc} = 3 * 1.36 \quad (\text{para BELAZ 548})$$

$$P_{tc} = 4 \text{ Camiones}$$

CAPITULO V. VALORACION ECONOMICA.

5.1 Introducción.

El presente Trabajo de Diploma tiene como objetivo definir el tipo de tecnología de extracción y transporte para la explotación de las lateritas del yacimiento Moa.

Se analizan dos estrategias de minería para garantizar el mineral a alimentar a la fábrica durante 15 años hasta el 2010. Se tiene en cuenta la utilización de excavadoras de 3 m³ y 5 m³, y la utilización de camiones de 15 m³ y 21 m³. El equipamiento necesario y parque se calcula para la primera estrategia con la que se logra una mayor potencia promedio y minar un mineral de mayor calidad. Se calculará los costos de inversión y los gastos de explotación para la primera estrategia considerada.

Fuerza de Trabajo:

La fuerza de trabajo se determina según el sistema de trabajo organizativo actual de la mina, en el cual el transporte automotor y la cantidad de trabajadores es proporcional a la cantidad de equipos parque, mientras en las excavadoras será un operador por máquinas en el frente con un ayudante.

Costo de inversión:

En la actividad de extracción y transporte se tiene en cuenta el precio de los equipos nuevos a adquirir considerando que el parque actual de excavadoras y camiones se utilizará intensivamente por lo que sólo es necesario comprar 3 excavadoras de 3 m³. El resto del equipamiento de extracción y transporte que se utilizará será el existente en la mina PSA.

Costo de explotación

Para la variante de transporte y carga analizada se calcula el costo de explotación teniendo en cuenta la metodología utilizada por las firmas CARTERPILLAR y KOMATSU que aparecen en los manuales de especificaciones y aplicaciones.

COSTO DE EXPLOTACION:

COSTOS PERMANENTES:

Depreciación
Intereses, seguros
Impuestos

COSTOS DE OPERACIONES:

Fuell-Oil
Lubricantes
Neumáticos
Reparación
Salario
Otros

Los costos permanentes se refieren a los costos incurridos por concepto de depreciación, intereses, seguros e impuestos en dependencia si el equipo está trabajando o no. Los costos de operaciones son los costos incurridos en las operaciones realizadas por el equipo en el frente de trabajo relacionados anteriormente.

El costo de explotación se calcula por hora, por líneas de equipos.

Los costos pueden variar en dependencia de algunos factores tales como:

- El tipo de equipo.
- Los precios locales.
- Las tasas de intereses y los impuestos.

Los cálculos se efectuaron en base a la productividad y los costos horarios de la técnica utilizada en el desarrollo de la variante.

5.2 Principales indicadores económicos. Variante óptima.

Tabla resumen de los principales indicadores económicos por la variante analizada y la variante elaborada por CEPRONIQUEL y aprobada por la fábrica "Pedro Soto Alba" para la realización de la actividad minera en los próximos quince años.

Nº	Indicadores	U/M	Variante analizada	Variante elaborada por CEPRONIQUEL
1	Costos de Inversión	MP	2591.91	4552,0
2	Gastos de Explotación	MP	4253,86	3947,0
3	Costos por toneladas a transportar	\$/t	1.88	1,75
4	Productividad Horaria	t/h	399,0	399,0
5	Fuerza de trabajo	u	21	20
6	Tonelaje Anual	t	2260 000	2 260 000
7	Costos Reducidos Mínimos	MP	4564.89	4493,3

5.3 Costos de inversion.

Se tiene en cuenta un 30% en construccion de caminos principales y secundarios del monto total de la inversión realizada (Valor del equipamiento parque).

Extraccion:

Sólo se tendrá en cuenta la adquisición de 3 escavadoras de 3m³ diesel con mecanismos de locomoción por esteras (Dragalinas).

$$3 * 250,0 \text{ MP} = 750,0 \text{ MP.}$$

Las restantes escavadoras necesarias (3 de 5 M³) serán Dragalinas ESH 5/45 y se utilizaran las existentes actualmente en la mina Pedro Sotto Alba , su valor es:

$$3 * 1 453,0 \text{ MP} = 4 359,0 \text{ MP.}$$

Camiones:

Se utilizarán 5 camiones Belaz 540 y 4 camiones Belaz 548 de los existentes en la mina P S A , su valor es:

$$5(540) * 101,5 \text{ MP} = 507.5 \text{ MP}$$

$$4(548) * 130,8 \text{ MP} = 523.2 \text{ MP}$$

$$\text{Total} = 1\ 030.7 \text{ MP.}$$

Valor Total del equipamiento a adquirir:

$$3 \text{ excavadoras Dragalinas diesel de 3m} = 750,0 \text{ MP}$$

Valor Total del equipamiento. Parque:

$$\text{Excavadoras: } 750.0 \text{ MP} + 4\ 359,0 \text{ MP} = 5\ 109.0 \text{ MP}$$

$$\text{Camiones:} \text{-----} = 1\ 030.7 \text{ MP}$$

$$\text{Total:} \text{-----} = 6\ 139.7 \text{ MP}$$

30 % por construcción de caminos principales y secundarios (según estadísticas de operaciones de la mina PSA por mas de 20 años de experiencia).

$$0.30 * 6\ 139.7 \text{ MP} = 1\ 841.91 \text{ MP}$$

TOTAL DEL MONTO DE INVERSION: 2 591,91 MP

5.4 Cálculos de los gastos de explotación.

Equipos de transporte:

Máquina y Modelo: Camión Belaz 540

* Capacidad:----- 27 ton
 * Precio de adquisición-----\$ 101.52 MP
 * Valor residual (10%)-----\$ 10.152 MP
 * Valor a despreciar (90%)-----\$ 91.368 MP

I- Costos Permanentes:

1- Depreciación: $\frac{91.368}{20000} = 4.57 \text{ $/h}$

2-Intereses:

Período de depreciación: 5 años

$\frac{5 + 1}{2 * 5} * 101.52 \text{ MP} * 15\%$
 Costos Intereses = $\frac{\quad}{6406 \text{ horas años efectivos}} = 1.43 \text{ $/h}$

Total de costos permanentes: 6.506 \$/h

II- Costos de Operaciones:

Fuell-Oil = 37 L/h * 0.065 \$/h = 2.41 \$/h

Lubricantes: Motor = 0.23L/h * 0.211 \$/h = 0.049 \$/h

Transmisión = 0.20 L/h * 0.302 \$/h = 0.0604 \$/h

Mandos Finales = 0.09 L/h * 0.676 \$/L = 0.061 \$/h

Sistema Hidráulico = 0.18 L/h * 0.255 \$/h = 0.046 \$/h

Total 0.216 \$/h

Gomas = \$ 4 000 = 0.625 \$/h * 4 u = 2.49 \$/h

Filtro = 0.137 \$/h * 50% = 0.0686 \$/h

Reparación = 8.5 \$/h

Salario = 1.33 \$/h

Total de Costos de Operaciones: 15.63 \$/h

Total Costos Permanentes y Operaciones: 22.63 \$/h

Máquina y Modelo: Camión Belaz 548

* Capacidad-----40 ton

* Precio de adquisición-----130.752 MP

* Valor residual (10%)-----13.0752 MP

* Valor a depreciar (90%)-----117.68 MP

I Costos Permanentes:

1- Depreciación = $\frac{117.68}{20000} = 5.88 \text{ $/h}$

2- Intereses

Período de depreciación: 5 años

Costos de intereses = $\frac{5 + 1}{2 * 5} * 130.752 \text{ MP} * 15 \% = 1.84 \text{ $/h}$
6406

Total de Costos permanentes: 7.72 \$/h

II Costos de operaciones

Fuell-Oil = 46 l/h * 0.065 \$/l = 3.00 \$/h

Lubricantes: Motor = 0.26 l/h * 0.211 \$/l = 0.055 \$/h

Transmisión = 0.24 l/h * 0.302 \$/l = 0.072 \$/h

$$\text{Mandos finales} = 0.11 \text{ l/h} * 0.676 \text{ \$/l} = 0.074 \text{ \$/h}$$

$$\text{Sistema hidráulico} = 0.22 \text{ l/h} * 0.255 \text{ \$/l} = 0.056 \text{ \$/h}$$

$$\text{TOTAL: } \underline{\hspace{15em}} 0.257 \text{ \$/h}$$

$$\text{Gomas} = \frac{40000}{6406} * 4 \text{ u.} = 2.50 \text{ \$/h}$$

$$\text{Filtros} = 0.188 * 50 \% = 0.094 \text{ \$/h}$$

$$\text{Reparación} = 8.55 \text{ \$/h}$$

$$\text{Salario} = 1.33 \text{ \$/h}$$

$$\text{Total de Costos de Operaciones: } 15.68 \text{ \$/h}$$

$$\text{Total de Costos Permanentes y de Operaciones: } 23.40 \text{ \$/h}$$

Equipos de extracción.

Máquina y Modelo: Dragalina 3M³

* Capacidad----- 3 M³

* Precio de adquisición----- 250 MP

* Valor residual (10%)-----25.0 MP

* Valor a depreciar (90%)-----225.0 MP

I Costos Permanentes:

$$1- \text{Depreciación} = \frac{225.00}{35000} = 6.43 \text{ \$/h}$$

$$2- \text{Costos de intereses} = \frac{\frac{5 + 1}{2 * 5} * 250.00 \text{ MP} * 15 \%}{6406} = 3.51 \text{ \$/h}$$

$$\text{Total de Costos permanentes: } 9.94 \text{ \$/h}$$

II Costos de operaciones

Fuell-Oil = 55 l/h * 0.065 \$/l = 3.58 \$/h

Lubricantes: Motor = 0.204 l/h * 0.211 \$/l = 0.043 \$/h

Transmisión = 0.041 l/h * 0.302 \$/l = 0.0124 \$/h

Mandos finales = 0.09 l/h * 0.676 \$/l = 0.061 \$/h

Sistema hidráulico = 0.325 l/h * 0.255 \$/l = 0.083 \$/h

TOTAL: _____ 0.199 \$/h

Filtros = $\frac{1200}{6406} * 50 \% = 0.094$ \$/h

Reparación = 18.00 \$/h * 1.4 = 25.2 \$/h

Salario = 1.44 \$/h * 2 = 2.88 \$/h

Total de Costos de Operaciones: 31.95 \$/h

Total de Costos Permanentes y de Operaciones: 41.89 \$/h

Máquina y Modelo: Dragalinas ESM 5/45

* Capacidad----- 5 M³

* Precio de adquisición----- 1453.60 MP

* Valor residual (10%)-----145.3 MP

* Valor a depreciar (90%)-----1307.7 MP

I Costos Permanentes:

1- Depreciación = $\frac{1307.7}{35000} = 37.36$ \$/h

$$2- \text{Costos de intereses} = \frac{5 + 1}{2 * 5} * 1453.00 \text{ MP} * 15 \% = 20.41 \text{ \$/h}$$

6406

Total de Costos permanentes: 57.77 \\$/h

II Costos de operaciones

Fuell-Oil = 15 l/h * 0.065 \\$/l = 0.975 \\$/h

Lubricantes: Motor = 0.087 l/h * 0.211 \\$/l = 0.018 \\$/h

Transmisión = 0.03 l/h * 0.302 \\$/l = 0.009 \\$/h

Mandos finales = 0.10 l/h * 0.676 \\$/l = 0.0068 \\$/h

Sistema hidráulico = 0.04 l/h * 0.255 \\$/l = 0.010 \\$/h

TOTAL: _____ 0.0438 \\$/h

Filtros = $\frac{1200}{6406} * 50 \% = 0.093 \text{ \$/h}$

Energía eléctrica = 68 KW/h * 0.065 \\$/KW = 4.42 \\$/h

Reparación = 10.64 \\$/h * 1.4 = 14.90 \\$/h

Salario = 1.44 \\$/h * 2 = 2.88 \\$/h

Total de Costos de Operaciones: 23.21 \\$/h

Total de Costos Permanentes y de Operaciones: 81.08 \\$/h

Insumos fundamentales

3 Turnos

<u>Equipamiento</u>	<u>Cant.</u>	<u>Annual</u>	<u>Costos(MP)</u>
I Camiones (540)	5		
- Fuell-Oil		1185110 l	77.03
- Lubricantes		22421 l	4.84

- Neumáticos	40 u	79.8
Total		161.67
II Camiones (548)	4	
- Fuel-Oil	1178704 l	76.9
- Lubricantes	21268 l	6.6
- Neumáticos	32 u	64.06
Total		147.56
III Dragalina 3M ³	3	
- Fuel-Oil	1056990 l	68.60
- Lubricantes	12684 l	2.52
- Neumáticos		
Total		71.22
IV Dragalina 5 M ³	3	
- Fuel-Oil	288270 l	18.74
- Lubricantes	27750 l	1.21
- Electricidad	1306824 KW	84.94
Total		104.89

Gastos de Explotación para la variante analizada.

3 Turnos

<u>Equipamiento</u>	<u>Cant.</u>	<u>Costos(MP)</u>
I Camiones (540)	5	
Costos Permanentes		192.18
- Depreciación		146.38
- Intereses		45.8
Costos de Operaciones		498.57
- Fuel-Oil		77.03
- Lubricantes		4.84
- Filtros		22.0
- Reparaciones		272.3
- Neumáticos		79.8
- Salario		42.6
TOTAL		690.75
II Camiones (548)	4	
Costos Permanentes		197.85
- Depreciación		150.70
- Intereses		47.15
Costos de Operaciones		401.85
- Fuel-Oil		76.90
- Lubricantes		6.60
- Filtros		2.4
- Reparaciones		217.8
- Neumáticos		64.06

- Salario	34.08
TOTAL	599.70

III Dragalina 3M³ 3

Costos Permanentes	191.06
- Depreciación	123.60
- Intereses	67.46
Costos de Operaciones	614.07
- Fuell-Oil	68.80
- Lubricantes	3.82
- Filtros	1.8
- Reparaciones	484.3
- Salario	55.35
TOTAL	805.13

IV Dragalina 5M³ 3

Costos Permanentes	1110.24
- Depreciación	718.00
- Intereses	392.24
Costos de Operaciones	448.04
- Fuell-Oil	18.74
- Lubricantes	0.85
- Filtros	1.8
- Reparaciones	286.35
- Salario	55.35

- Electricidad	84.95
TOTAL	2158.28
TOTAL GENERAL	4253.86

5.5 Cálculo de los costos residuales mínimos para el transporte automotor para el Año Cálculo.

$$CRC = CI * EN + Ge$$

Donde:

CI - Costos de inversión, MMP

Ge - Gastos de Explotación, MMP

EN - Coeficiente Ramal; para la minería 0.12

$$CRC = 2591.91 * 0.12 + 4253.86$$

$$CRC = 4564.89 \text{ MMP}$$

Para los 15 años tendremos:

Costos de Inversión:

- Excavadoras:

. Dragalina de 3 M³

$$750 * 2 = 1500.0 \text{ MP}$$

. Dragalina de 5 M³

$$4359.0 * 2 = 8718.0 \text{ MP}$$

Total Excavadoras:

$$1500.0 + 8718.0 = 10218.0 \text{ MP}$$

- Camiones:

$$1030.7 * 2 = 2061.4 \text{ MP}$$

Total de inversiones en los quince años para la actividad de Extracción y Transporte:

$$12279.4 \text{ MP}$$

Gastos de explotación para los quince años:

$$4253.86 * 15 = 63807.9 \text{ MP}$$

CONCLUSIONES

1. El 43 % de las reservas y los yacimientos: base única de materia prima de la empresa Pedro Sotro Alba, se encuentra en el intervalo de potencia menores que 6 metros; y el 57 % en el intervalo de potencia mayor que 6 metros.

2. La actividad de extracción se realizará para el tonelaje y calidad planificados con tres excavadoras "Dragalinas" de 3 m³ y tres excavadoras ESH "Dragalinas" de 5 m³.

3. El equipo de transporte que armoniza con las excavadoras Dragalinas de 3 m³ es de los existentes Belaz 540 de 15 m³ de capacidad volumétrica y 27 toneladas de capacidad máxima, según la serie paramétrica que relaciona el volumen de la cuchara de la excavadora y el volumen del camión, encontrándose la misma en el rango óptimo para camiones pequeños (5).

4. El equipo de transporte que armoniza con la Dragalina de 5 m³ de capacidad del cubo (ESH 5/45) es el Belaz 548 de 21 m³ de capacidad de la cama y 40 de capacidad en toneladas, encontrándose en el límite superior de la serie paramétrica para camiones pequeños (5).

5. Entre el costo reducido mínimo y el costo por tonelada para el año en cálculo de la variante analizada y lo calculado para la entrada de Moa Oriental realizados por CEPRONI no hay diferencias apreciables (no excede el 10 %) por lo que desde el punto de vista económico se considera realizable esta variante.

RECOMENDACIONES

Llevar a la práctica la variante de tecnología propuesta para contabilizar los resultados minero - técnicos de su utilización desde el punto de vista de: la disminución de las pérdidas al recuperar más mineral por un mejor conterneo de los fondos, la disminucion del tiempo de traslado de las excavadoras de un frente a otro, la disminución de los gastos por concepto de construcción de caminos para el movimiento de la excavadora, la óptimización del tiempo de carga del camión al emplearse un complejo excavadora camión acorde con las exigencias de la práctica mundial, la disminución de los gastos de operación por emplearse excavadoras que consumen menos lubricantes y combustibles que los que actualmente se emplean.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Informe Técnico Mina "Pedro Sotto Alba".
- [2] Informe geológico de los yacimientos de Moa. Centro de Proyecto, Moa, 1993.
- [3] Manual de Cálculo de Carterpillar y Konatsu.
- [4] Plan "15 años PSA". Centro de Proyecto, 1994.
- [5] Spibakovski, A.O. "Transporte Minero a Cielo Abierto". Editorial Mir. Moscú-Nedra, 1983.
- [6] Trabajos de Diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
- [7] Vera, Y.A. "Introducción a los yacimientos de níquel cubanos". Editorial Orbe, 1979.
- [8] World Mining Equipment (WME). Industrial Mineral Divisions of Metal Bulletin, UK, October, 1992.

ANEXO 1

Yacimiento	Poten. prom. (m)	Reservas (m)	Contenido en %				Cantidad en metales			
			Ni	Fe	Co	Mg	Ni	Fe	Co	Mg
Atlántic	4.42	6306480	1.305	45.32	0.116	0.504	83593.46	2903031.0	7430.52	32284.37
Zona Sur	5.98	4487950	1.308	42.68	0.093	0.75	59812.00	1951649.0	4253.00	34296.00
Pronóstico	3.05	4901508	1.460	42.48	0.081	1.10	71574.00	2082500.0	3971.00	53974.00
Zona A	6.99	15482227	1.160	44.16	0.136	0.54	179594.0	6836951.0	21056.0	83604.00
Moa Oriental	5.23	22551042	1.321	46.78	0.148	0.42	297899.0	10549377	33375.0	94714.00
Yamaniquey	2.54	1710270	1.380	42.85	0.439	0.51	23602.00	732851.00	7508.00	87224.00