



Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
Dr. Antonio Núñez Jiménez
Facultad de Geología –Minerías
Departamento de Minas

**TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL
TÍTULO
DE
INGENIERO DE MINAS**

Tema: Recuperación del mineral en los yacimientos lateríticos de la P.S.A con utilización de una criba móvil. Caso de estudio Camarioca Norte

Autor: Héctor Esparraguera Guilarte

Tutor: Dr.C. Ramón Gilberto Polanco Almanza

Ing. Yanetsis Chacón Pérez

Curso
2013 – 2014
Año 56 de la Revolución





Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
Dr. Antonio Núñez Jiménez
Facultad de Geología –Minerías
Departamento de Minas

TRABAJO DE DIPLOMA EN OPCIÓN AL TÍTULO DE INGENIERO DE MINAS

Tema: Recuperación del mineral en los yacimientos lateríticos de la P.S.A con utilización de una criba móvil. Caso de estudio Camarioca Norte

Autor: Héctor Esparraguera Guilarte

Tutor: Dr.C. Ramón Gilberto Polanco Almanza

Ing. Yanetsis Chacón Pérez

Curso

2013 – 2014

Año 56 de la Revolución



DEDICATORIA

Dedico el presente Trabajo de Diploma a mis padres Antonio Esparraguera Leblanch y Sonia Guilarte Matos, a mis familiares y a todas mis amistades, a todos ellos dedico este trabajo por haberme apoyado durante estos 5 años.



AGRADECIMIENTOS

- Agradecer a mis tutores Ramón Polanco Almanza, Yanetsis Chacón Pérez y Domingo Ortiz Pelegrín por los conocimientos que me aportaron y la preocupación por la realización de mi Trabajo de Diploma.
- A mis compañeros de aula que bastante duro que tuvimos que trabajar en estos 5 años.
- A mis familiares y amigos por hacer suyo este trabajo.
- A todos los trabajadores del taller de Instrumentación de la Empresa (P.S.A), en especial a Maribel, Yanexis y Benigno por su ayuda cuando la necesitaba.



PENSAMIENTO

“El futuro de nuestra patria tiene que ser necesariamente un futuro de hombres de ciencia, tiene que ser un futuro de hombres de pensamiento, porque precisamente es lo que más estamos sembrando; lo que más estamos sembrando son oportunidades a la inteligencia.”

Fidel Castro Ruz.





RESUMEN

Debido a la presencia de grandes volúmenes de roca estéril mayor de 14 pulgadas mezcladas con el mineral limonítico en los fondos de los yacimientos Camarioca Norte y Moa Oriental, concesiones de la empresa comandante Pedro Sotto Alba (Moa Nickel S.A), se ha propuesto realizar un estudio sobre la factibilidad de utilización de una criba móvil con el objetivo de realizar un cribado previo del mineral antes de ser trasladado hasta la Planta de Pulpa, ya que estas rocas ocasionan serias averías en el sistema de alimentación de los trenes de la Planta de Preparación de Pulpa.

El trabajo está compuesto por 5 capítulos, donde se realiza una caracterización ingeniero – geológica de los yacimientos lateríticos, la descripción del sistema de explotación utilizado por la empresa, el establecimiento de la relación ente la criba móvil y el equipamiento a explotar y los estudios económicos para determinar la factibilidad de la criba móvil a utilizar.



SUMARY

Due to the presence of big volumes of sterile rock bigger than 14 inches in the ore deposits Camarioca North and Moa Oriental, concessions of the mining company Pedro Sotto Alba (Moa Nickel S.A), has intended to carry out a study of use of a mobile sieve with the objective of making a sieved previous of the mineral before being transferred until the Plant of Pulp, since these rocks cause mishaps in the feed system of Plant of Preparation of Pulp. The work is compound for 5 chapters, where is carried out a characterization engineer-geologic of the locations lateríticos, the description of the system of exploitation used by the company, an establishment of relationship entity the mobile sieve and the equipment to explode and the economic studies to determine the feasibility of the mobile sieve to use.



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO Y LEGAL DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1 Actualidad del tema.....	3
CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LOS YACIMIENTOS PERTENECIENTES A LA EMPRESA P.S.A	5
2.1 Características geológicas de los yacimientos pertenecientes a la empresa P.S.A.....	5
2.2 Características físico-mecánicas de las rocas.....	12
2.3 Características hidrogeológicas – medioambientales	13
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DE LOS YACIMIENTOS DE LA EMPRESA P.S.A	19
3.1 Sistema de explotación	19
3.2 Parámetros fundamentales de la explotación	21
3.3 Principales operaciones mineras	22
CAPÍTULO IV. ESTABLECIMIENTO DE LOS PARÁMETROS DE TRABAJO DE LA CRIBA MÓVIL Y EL CÁLCULO DEL EQUIPAMIENTO NECESARIO PARA SU EXPLOTACIÓN	27
4.1 Selección de la criba	28
4.2 Cálculo de los parámetros de la criba	30
4.2 Parámetros de trabajo de la criba	31
4.3 Cálculo del equipamiento minero para la explotación de la criba.....	32
4.3.1 Para la excavación–carga	32
4.3.2 Para el traslado del mineral a cribar	36
4.3.3 Cálculo del equipamiento minero para el traslado del mineral cribado a la planta de pulpa.....	37



CAPÍTULO V: VALORACIÓN ECÓNOMICA	82
5.1 Gastos directos que se originan durante las labores de cribado	82
CONCLUSIONES	85
RECOMENDACIONES	86
BIBLIOGRAFÍA	87



INTRODUCCIÓN

La empresa Comandante Pedro Sotto Alba (Moa Nickel S.A) a partir de su constitución el 1 de diciembre de 1994 como empresa mixta introdujo cambios significativos en las técnicas y métodos empleados en cada uno de los procesos tecnológicos de la mina, ocasionados por los incrementos sostenidos de producción de la planta, hasta sobrepasar su capacidad de diseño original. Entre los yacimientos que están concesionados a la empresa se encuentran Camarioca Sur, Camarioca Norte, Moa Oriental, Moa Occidental (sectores Zona A y Zona Septentrional), y la Presa de Rechazo. Actualmente en el yacimiento Camarioca Norte se contabilizan como pérdidas 6 513 111 t de mineral en la zona de contacto entre el estrato limonítico y el saprolítico denominado fondo de la minería con un elevado contenido de rocas, que provocan considerable reducción de la productividad al ejecutar acciones de extracción selectiva del mineral clasificando las piedras directamente con el cubo de las excavadoras, provocando además demoras operacionales, tiempos de espera y múltiples averías del equipamiento de carga.

A pesar de las preocupaciones de los operadores durante la extracción del mineral en las zonas de contacto (fondos de minería) las rocas de gran tamaño (+14 pulgadas) mezcladas en el mineral limonítico se cargan a los camiones articulados y se transportan hasta la planta de preparación de pulpa, donde ocasionan daños severos en el sistema de alimentación a los trenes de producción. Por esas causas se consideran como perdidas millones de toneladas de mineral limonítico con elevado contenido de Ni y Co.

El problema del actual trabajo consiste en la necesidad de clasificar el mineral limonítico mezclado con rocas de gran tamaño en el fondo de los yacimientos para incorporarlo al proceso metalúrgico.

El **objetivo de la investigación es** determinar la factibilidad de utilización de una criba móvil en la explotación de los fondos de los yacimientos concesionados a la empresa (P.S.A), para realizar un cribado previo que conlleve la disminución de las pérdidas hasta niveles aceptables por la autoridad minera.



El **objeto general** del trabajo está representado por los fondos de los yacimientos lateríticos de la empresa Pedro Sotro Alba (Moa Nickel S.A).

El proceso de cribado del mineral laterítico remanente en el fondo de los yacimientos se establece como **campo de acción**.

Hipótesis: Si se determinan los parámetros de trabajo de la criba durante la explotación del mineral procedente de los fondos de los yacimientos y se demuestra su viabilidad técnica y económica, entonces se podrán recuperar millones de toneladas de mineral remanente en los fondos que en la actualidad se contabilizan como pérdidas de explotación.

Objetivos específicos

1. Determinar los parámetros de trabajo de la criba móvil.
2. Determinar el equipamiento para la explotación del mineral remanente en los fondos a través de la criba móvil.
3. Demostrar la factibilidad económica de la explotación de la criba móvil.

Tareas a realizar

1. Caracterización ingeniero-geológica del yacimiento Camarioca Norte.
2. Calcular los parámetros de trabajo de la criba móvil.
3. Calcular el equipamiento requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del yacimiento Camarioca Norte.
4. Calcular el equipamiento requerido para alimentar el mineral cribado.
5. Determinar los índices técnicos económicos del proceso de cribado y alimentación del mineral.



CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO Y LEGAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Actualidad del tema

Las cribas móviles, las plantas portátiles montadas en un solo chasis o plantas modulares como también se les conoce, son diseños que tienen la ventaja que el equipo completo puede desplazarse hasta el lugar donde se quiere ubicar, en Latinoamérica la Empresa *Odebrecht* es su principal proveedor, estos son muy utilizados en la industria de los agregados en la actualidad, ya que son plantas que no pierden la capacidad productiva que tienen las plantas estacionarias o fijas, su popularidad se debe a su facilidad de transporte marítimo en contenedores o como carga estándar por carretera. Por ello, se convierten en la opción ideal para operaciones en lugares remotos.

Romero (2009), considera que estas máquinas son muy versátiles, flexibles y de alta capacidad de producción y capaz de lograr una tasa de producción de hasta 600 t/h, dependiendo del material, el tamaño de alimentación y las fracciones requeridas, pero donde tienen un mayor desempeño es en canteras de áridos para materiales de la construcción.

Huertas (2010), hace referencia a que las cribas montadas sobre orugas tienen gran versatilidad, ya que pueden ser desplazadas a todas partes, permiten clasificar los agregados brutos y remover los fijos, que pueden afectar a la trituración de los agregados, esta característica ha ayudado enormemente a ser mucho más efectivos y tener un tonelaje mucho más real de trituración, impidiendo que estos finos desgasten las partes de los componentes de las máquinas que se utilizan.

Núñez (2012), explica que estas unidades están destinadas a operadores con necesidades variadas, desde pequeños contratistas hasta los productores más grandes, que están destinadas para las operaciones a gran escala que buscan un alto rendimiento en aplicaciones de canteras, reciclaje, construcción y demolición, capaces de conseguir altas capacidades de producción.



Downing (2012), comentó que la nueva gama de cribas móviles son altamente productivas proporcionando soluciones altamente flexibles llegando a producir cuatro tamaños de material.

Hernández (2013), hace referencia acerca de que las plantas móviles de chancado y cribado, acotando que con estas se realiza nuevo tipo de chancado (triturado y/o cribado) de piedras y de selección, que es flexible, cómodo y fuerte en la movilidad, por lo que puede ahorrar a un gran costo fijo de la construcción de infraestructura y de reubicación. Las plantas móviles pueden eliminar los obstáculos de los lugares de chancado y las circunstancias, y ofrecen las plantas de alto costo eficiente y de bajo proyecto, que pueden ser empleadas para el cribado de cualquier material considerando sus propiedades. En nuestro país es una novedad el empleo de cribas móviles, en la Industria de Materiales de la Construcción así como en la Industria Cubana del Níquel se emplean cribas ya sean de barrotes o parrillas, de arco o de rodillos, vibratorias o semivibratorias pero son estacionarias y están acopladas con una planta de trituración.

En la empresa Comandante Pedro Sotto Alba (Moa Nickel S.A) en el yacimiento Moa Oriental se emplearon con éxito dos cribas de barrotes criba o (vigas paralelas) para realizar un cribado previo, por la no existencia de cribas móviles en los yacimientos lateríticos actualmente.





CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN GENERAL DE LOS YACIMIENTOS PERTENECIENTES A LA EMPRESA P.S.A

Introducción

Los depósitos de limonita níquelífera de la zona aparecen como una manta superficial espesa de tierras residuales, arcillas y rocas parcialmente descompuestas. En la región, grandes áreas de rocas ultrabásicas que contienen pequeñas cantidades de níquel y cobalto han sido lixiviados por efecto de la lluvia por prolongados períodos de tiempo. La acción de la lixiviación preferencialmente disuelve y remueve ciertos metales tales como silicio, calcio y magnesio formándose arcillas enriquecidas en níquel, cobalto y hierro. El contacto superior de la zona de níquel comercialmente explotable, limonita, es definido para una ley de corte de níquel de 1% y es generalmente bastante regular. La zona inferior de la limonita es definida por la ley de corte de hierro de 35% y es altamente irregular con frecuentes valles y pináculos de descomposición de material rocoso que se proyecta dentro de la limonita. La zona limonítica como se define típicamente, varía de 2 a 7 m de espesor, incrementándose ocasionalmente hasta un espesor de 15 m. Los yacimientos correspondientes a la Empresa Comandante Pedro Sotto Alba según las concesiones mineras vigentes, comprenden parte de las reservas de minerales de níquel laterítico y serpentínico, exploradas en ambas orillas del Río Moa.

2.1 Características geológicas de los yacimientos pertenecientes a la empresa P.S.A

Situación geográfica

Los yacimientos se encuentran localizados al noreste de la provincia de Holguín, en el municipio de Moa, ubicados dentro del macizo montañoso Moa - Baracoa. A La Mina de La Empresa Comandante Pedro Sotto Alba (Moa Nickel S.A) pertenecen los yacimientos que forman parte de los depósitos de óxidos silicatados níquelíferos de Cuba:

1. Moa Occidental del Sector “Zona A, Zona Septentrional”





2. Moa Oriental
3. Camarioca Sur
4. Presa de Rechazo
5. Camarioca Norte

La Presa de Rechazo no se contempla como un yacimiento conceptualmente pero el autor determina incluirlo por considerarse un depósito con características geológicas tales que permiten incrementar notablemente la base minera de la empresa.

Moa Oriental: este yacimiento se localiza al este del río Moa y las cortezas de intemperismo que lo forman ocupan un área total de aproximadamente 8,2 km². Desde el punto de vista geomorfológico éste es un yacimiento que presenta vaguadas con ondulaciones moderadas, predominan los perfiles completos de la corteza de intemperismo y altos espesores de la mena tecnológica.

Moa Occidental: el yacimiento es parte del yacimiento perteneciente al macizo Moa - Baracoa, se ubica al noroeste del grupo de los yacimientos lateríticos, formando parte de la concesión minera de la Empresa Moa Nickel S.A, Pedro Sotto Alba. Limitando por el norte con el río Cabañas, por el este con el yacimiento Zona Central -Septentrional, por el oeste con las áreas de la fábrica y el valle del río Moa y por el sur con las áreas de la Planta de Pulpa, taller de la Mina y el valle del río Moa el cual lo separa del yacimiento Moa Oriental, ocupando un área de 3,5 km².

Camarioca Norte: el yacimiento Camarioca Norte forma parte de las Cuchillas de Moa, ubicadas en el macizo Moa-Baracoa, al sur de la ciudad de Moa, colinda por el norte con el yacimiento Moa Oriental, por el este con el yacimiento Camarioca Este y hacia el suroeste con el yacimiento Camarioca Sur y el río Moa.

Camarioca Sur: este yacimiento se ubica específicamente al sur de la ciudad de Moa, limitando con las coordenadas geográficas: 74⁰ 28' 58" - 74⁰ 54' 25" de latitud oeste y 20⁰ 29' 42" - 20⁰ 35' 40" latitud norte, sistemas de coordenadas: Cuba Sur y sistemas de altura Siboney.



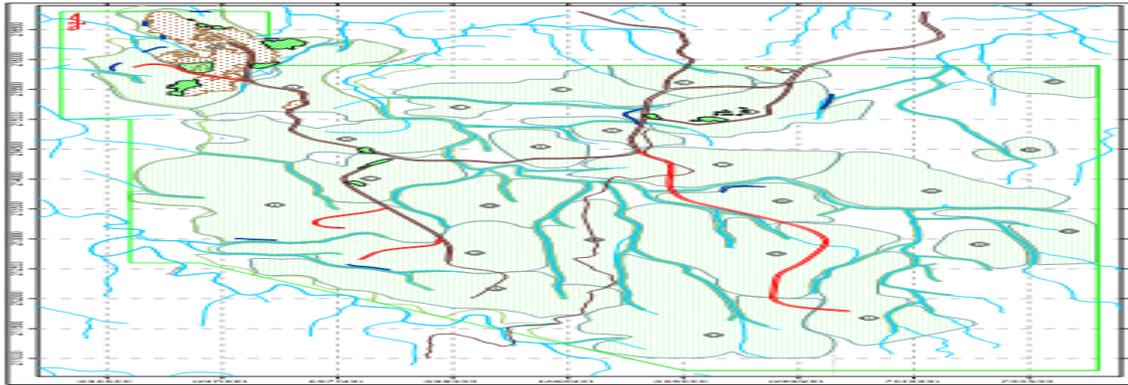


Figura 1. Plano general del yacimiento Camarioca Norte

Vías de comunicación

Las principales vías de comunicación de la región son: la carretera que comunica el municipio con el resto del país hacia el oeste y con el municipio de Baracoa por el este. Además existe comunicación directa por aire con la capital y otras ciudades del país. Moa cuenta con un puerto el cual sirve tanto de comunicación como para el transporte de carga de los productos que se exportan en el municipio, materiales de la industria, etc.

Relieve

El relieve del macizo ofiolítico de Moa - Baracoa genéticamente está clasificado dentro del tipo de Horst y bloques que corresponden a los cuerpos de rocas ultrabásicas elevadas en la etapa neotectónica a lo largo de dislocaciones antiguas y rupturas nuevas, poco o ligeramente diseccionados. Se encuentran en un área de estribaciones septentrionales y submeridional, del gran macizo Moa – Baracoa. Las áreas que se destacan en la región son las siguientes:

- Parte meridional: Formadas por elevadas y medianas colinas con cotas absolutas de 175 m a 350 m. A esta parte está asociado el yacimiento Pronóstico.
- Parte Central: Suavemente inclinada hacia el norte; representa la parte meridional del río Cabañas, con cotas absolutas de 164 m y 170 m en el lecho



del río. A esta parte están asociados los yacimientos Zona A y Zona Central.

- Parte Septentrional: Es baja y aplanada con cotas de 170 m a 100 m en la orilla izquierda del río Cabañas.

Moa Oriental: el relieve de la zona está representado por planicies y colinas, con cotas absolutas que van desde 15 a 385 m sobre el nivel del mar.

En la región se han determinado dos zonas geomorfológicas bien definidas: la de llanura y la de montañas, esta última, la más extendida, ha sido clasificada en cuatro subtipos, entre los que se destaca el de montañas bajas aplanadas ligeramente diseccionadas, por estar a él asociados los mayores yacimientos ferroniquelíferos, entre ellos Camarioca Sur.

Los procesos de intemperismo para la región son predominantes y están condicionados no sólo por la litología y el grado de agrietamiento de las rocas sobre las cuales se desarrolla, sino también, por la dinámica de la superficie dada por la posición hipsométrica, la pendiente del terreno y la estructura escalonada regional. Para esta zona se han determinado los mayores valores del levantamiento actual, que quedan evidenciados por rasgos morfológicos como barrancos, escarpes y formas cársicas.

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

Camarioca Norte: la zona donde está ubicado este yacimiento se caracteriza por ser extremadamente compleja debido a su relieve abrupto y la presencia de cuencas hidrográficas con valles de gran magnitud, encontrándose que el rango de alturas varía desde 70 m hasta 600 m de altitud. El espesor promedio de la corteza en general es de 10,4 m, fluctuando entre 7,5 m en el área fuera de los cuerpos minerales hasta 13,7 m



dentro del contorno del cuerpo mineral. El espesor promedio de la corteza dentro de los contornos de los cuerpos minerales es de 11,1 m.

Camarioca Sur: en la región se han determinado dos zonas geomorfológicas (Rodríguez, 1998), bien definidas: la de llanura y la de montañas, esta última, la más extendida, ha sido clasificada en cuatro subtipos, entre los que se destaca el de montañas bajas aplanadas ligeramente diseccionadas, por estar a él asociados los mayores yacimientos ferroniquelíferos.

Tectónica

Moa Occidental: las dislocaciones presentes en este yacimiento principalmente están representadas en la parte oeste y parece extenderse una falla de dirección Norte Sur, en la zona de afluencia de las aguas superficiales. La mayor parte de las áreas han sido afectadas por sistemas de fallas de menor desarrollo, las cuales siguen un rumbo Norte-Sur predominante, por las cuales se drenan las aguas superficiales y las que provienen del manto freático. Este sistema ha contribuido a que por estos sistemas de fallas se desarrolle un proceso erosivo significativo. El relieve es relativamente uniforme con cotas que con relación al nivel del mar van desde 17 m en las zonas más septentrionales hasta los 164 m en la parte sur, estas alturas van ascendiendo de forma gradual sin cambios bruscos hacia el sureste y con cambios más notables hacia el oeste, donde aparecen algunos bloques con pendientes algo bruscas.

Moa Oriental: está representada por una gran diversidad de dislocaciones disyuntivas clasificadas en 4 sistemas:

1. Fallas antiguas, relacionadas con la época del emplazamiento de los macizos hiperbáticos que coinciden con el plegamiento general de los complejos antiguos.
2. Dislocaciones de desplazamiento lateral de las formaciones de dirección occidental-noroccidental.
3. Dislocaciones que dividen la estructura en *Horst* y *Grabens* en la región, con dirección noroeste y norte - noreste.





4. Dislocaciones tectónicas jóvenes de dirección sublatitudinal, paralelas al eje de la depresión marina al sur de Cuba (Bartlett) en el Caribe.

Camarioca Norte: el área de estudio se caracteriza por una fuerte manifestación de la tectónica, lo que tiene una fehaciente expresión en la densidad de la red de arroyos y cañadas presentes, cuyos cauces siguen los sistemas de fallas de dirección noroeste y noreste, así como otras direcciones de menor expresión (norosur y este oeste). La prolongación de las fallas es generalmente significativa atravesando muchas veces todo el terreno en las direcciones mencionadas. Asimismo, su ubicación espacial está amarrada al contacto de las peridotitas de caja con gabroides ofiolítico que es de tipo tectónico. Además de las fallas principales, más localmente existe un denso sistema de fallas de plumaje de las fallas principales, representada por fallas de más corta extensión, así como la fracturación multiplanar (multidireccional) habitualmente observada en los afloramientos.

Como es sabido, la fracturación tectónica del basamento facilita la meteorización selectiva conduciendo a la formación de los bolsones minerales y mayores espesores de la corteza local o direccionalmente.

Camarioca Sur: este yacimiento se caracteriza por una fuerte manifestación de la tectónica, lo que tiene una fehaciente expresión en la densidad de la red de arroyos y cañadas presentes, cuyos cauces siguen los sistemas de fallas de dirección NO y NE, así como otras direcciones de menor expresión (NS y EO).

La prolongación de las fallas es generalmente significativa atravesando muchas veces todo el terreno en las direcciones mencionadas. Asimismo, su ubicación espacial está amarrada al contacto de las peridotitas de caja con gabroides ofiolíticos que es de tipo tectónico.

Además de las fallas principales, más localmente existe un denso sistema de fallas de plumaje de las fallas principales, representado por fallas de más corta extensión, así como la fracturación multiplanar (multidireccional) habitualmente observada en los afloramientos.

Como es sabido, la fracturación tectónica del basamento facilita





la meteorización selectiva conduciendo a la formación de los bolsones minerales y mayores espesores de la corteza local o direccionalmente.

Geología de la región y características de las lateritas

Los yacimientos que componen la región se desarrollan a partir de las rocas ultrabásicas serpentinizadas que integran el cinturón hiperbásico de Cuba, como una asociación ofiolítica, que tiene una relación puramente tectónica con las demás unidades que la secundan. Se puede dividir en cuatro complejos:

- Ultramáfico Serpentinizados.
- 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 encuentran en la región nororiental de Cuba donde la asociación ofiolítica se considera un manto alóctono de unos 2500 km² con potencia de 800 m a 1000 m, en cuya base afloran las rocas del manto alóctono presentado 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, ver figura 2.

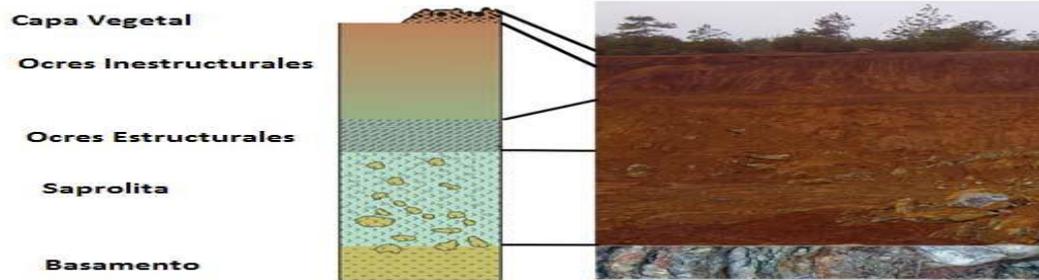


Figura 2. Perfil litológico de la corteza de intemperismo

En el bloque oriental esta asociación está representada fundamentalmente solo por tres de los complejos mencionados: el Ultramáfico metamorizado, el cumulativo y el de diques paralelos de diabasas. El complejo ultramáfico metamorizado abarca del 60% al 80% del volumen total de la asociación y está representado por harburguitas, iherzolitas y en menor grado por dunitas y piroxenitas, todas intensamente serpentinizadas. El complejo cumulativo se caracteriza por el vadeamiento de las rocas y está representado por dunitas, iherzalitas y piroxenitas, así como troctolitas y gabros. Los dos complejos anteriores aparecen frecuentemente cortados por grietas rellenas de diabasas, las cuales forman el complejo de diques paralelos que aparecen como cuerpos tabulares con pocos metros de espesor, llegando en ocasiones hasta los 40 m .

2.2 Características físico-mecánicas de las rocas

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

La humedad varía en dependencia de la profundidad, encontrándose los valores más altos en el material serpentínico. Las características físico-mecánicas se presentan a continuación en la tabla 1.

**Tabla 1.** Características físico - mecánicas de las rocas

Propiedades	Moa Oriental	Camarioca Norte	Presa Rechazo	Moa Occidental	Camarioca Sur
Peso volumétrico Seco (t/m ³)	1,05	1,07	1,16	1,05	1,07
Peso volumétrico Húmedo (t/m ³)	1,2	1,08	1,39	1,27	1,06
Coefficiente de esponjamiento	1,37	1,68	1,44	1,27	1,65
Humedad (%)	34-36	41	35	34-36	38

Atendiendo a los valores promedios de la composición físico-mecánica y química, el material de la Presa de Rechazo es equivalente al material de la mena (LB cruda) que comúnmente se encuentra en los yacimientos lateríticos de Moa Oriental. La velocidad de sedimentación del material de rechazo de la presa es favorable, ya que sobrepasa ampliamente los 140 mm/2h, siendo como promedio alrededor de 162 mm/2h. En cuanto a las fracciones por encima y debajo de 20 mallas en este material, existe una mayor proporción de la granulometría fina (< 20 mallas).

A continuación en la tabla 2, se muestran los contenidos de mineral para el yacimiento

Tabla 2. Contenido de minerales en cada yacimiento

Yacimientos	Fe (%)	Ni (%)	Co (%)
Zona A	40,7	1,15	0,112
Moa Oriental	42,9	1,16	0,138
Camarioca Norte	44,0	1,17	0,126
Presa de Rechazo	43,1	1,21	0,120
Camarioca Sur	50	1,20	0,129

2.3 Características hidrogeológicas – medioambientales

Condiciones Climáticas

La región de estudio se caracteriza por condiciones climáticas propia de un clima tropical lluvioso, muy húmedo con precipitaciones mayores a los 2000



mm al año. La conjugación del relieve y su alineación entre el este y el noreste con la dirección de los vientos alisios procedentes del Océano Atlántico que el aire cargado de humedad ha frenado por el sistema montañoso, originando las intensas precipitaciones que se producen en la mayor parte del año. La época de mayor volumen de las precipitaciones ocurre desde septiembre a marzo, coincidiendo con la temporada invernal y la de menor volumen desde Abril hasta Agosto que coincide con la primavera y el verano. Anualmente ocurren precipitaciones en rangos de 1400 a 2000 mm con más de 70% de ocurrencia en los meses de lluvia. Normalmente el mes de mayor precipitación es Noviembre. Las variaciones de las temperaturas son pequeñas en sentido general, manifestándose temperaturas cálidas, próxima a los 28°C - 30°C, en los meses de verano, en cambio, las temperaturas mínimas se presentan en las temporadas invernales, siendo Enero y Febrero los meses más fríos.

Red fluvial

La red hidrográfica del área de estudio es densa y dentrítica, representada por numerosos ríos y arroyos, entre los que se encuentran los ríos Moa, Cabaña, Cayo Guam, Quesigua, Yagrumaje y Punta Gorda. La mayoría de ellos son de corrientes permanentes debido a las abundantes lluvias en la región durante todo el año, las cuales sobrepasan los 2000 mm anuales.

La principal arterias de la región desemboca en el Océano Atlántico, formando deltas cubiertos de sedimentos palustres y vegetación típica de manglar. La mayor parte de estas reservas hídricas no se utilizan, existiendo sólo una presa de importancia a unos 10 km al sur de la ciudad de Moa (Presa Nuevo Mundo) cuyas aguas se utilizan para el funcionamiento de las industrias del territorio.

Condiciones hidrogeológicas

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





En los yacimientos se presentan dos horizontes acuíferos característicos: uno superior representado por las zonas de ocres inestructurales con y sin perdigones y los ocres estructurales, y un horizonte inferior representado por las ultrabasitas serpentinizadas desintegradas y fracturadas. El horizonte superior está distribuido en la zona ocrosa, su principal fuente de abasto lo constituye las precipitaciones atmosféricas, las que determinan la aparición de algunas condiciones hidrogeológicas.

Moa Occidental: el yacimiento Zona-A se encuentra formando parte de un monoclinal en dirección norte a sur con pendientes suaves de 5 a 20 grados, las elevaciones varían desde 17 a 164 m siendo las mayores hacia el sur y este. En toda su extensión se encuentra surcado por siete cursos superficiales de segundo orden que drenan sus aguas en dirección sur-norte hacia el Río Cabañas. Las precipitaciones atmosféricas, determinan la aparición de las principales fuentes de abasto a los horizontes acuíferos. Existe complejidad desde el punto de vista hidrogeológico, dado por la presencia de aguas subterráneas en los niveles inferiores del perfil laterítico, los niveles de estas aguas subterráneas presentan diferentes profundidades dentro del yacimiento que van desde los 18 m máximos hasta 1 m en los niveles mínimos, coincidiendo este último con la zona de aluviales del Río Cabañas hacia el límite este. Teniendo en cuenta el pH de las aguas subterráneas presentes en el yacimiento se puede establecer tres zonas principales, la primera zona está ubicada en el norte y este del yacimiento, en áreas cercanas a la Planta Pedro Soto Alba donde predominan las aguas ácidas, la segunda zona está definida en la zona central caracterizada por la presencia de aguas ligeramente ácidas, la tercera zona está definida hacia la parte suroeste del yacimiento donde se encuentran aguas con pH neutros ligeramente básicas. Las oscilaciones promedio de los niveles de las aguas subterráneas teniendo en cuenta los periodos de máxima y mínima precipitación van desde 1 m hasta 6,7 m.

Moa Oriental: en el yacimiento el horizonte superior está distribuido en la zona ocrosa, su principal fuente de abasto lo constituye las precipitaciones





atmosféricas, las que determinan la aparición de algunos manantiales y arroyos intermitentes, su gasto es en 1 - 6 l/seg. La transmisibilidad del yacimiento oscila entre 0,46 m² /día hasta 11,26 m² /día. El horizonte inferior también posee una distribución uniforme por todo el yacimiento y tiene una relación hidráulica con el superior, constituyendo ambos un complejo acuífero único. Hidrológicamente el yacimiento es posible caracterizarlo en tres zonas donde existen los mayores horizontes acuíferos y donde existe estabilidad de los niveles de las aguas subterráneas, las cuales se ubican al norte por los bloques 1439 y 1440; hacia el sudeste por los bloques 1042, 943 y 942, y al sudoeste por el bloque 835. Para el resto del yacimiento prácticamente las potencias acuíferas tienen un desarrollo pobre o solo aparecen en tiempo de lluvia.

Camarioca Norte: las aguas en los pozos se clasifican como hidrocarbonatada – sulfatada - cálcica – magnesiana o magnesiana – cálcica y en ocasiones sulfatadas magnesianas y las muestras tomadas en los ríos, arroyos y manantiales son del tipo hidrocarbonatada – clorurada – magnesiana con concentraciones superiores a las máximas permisibles de nitritos, amonio, níquel, manganeso, bario y Cr total en los pozos. El corte litológico presente en este yacimiento responde al corte laterítico infrayacido por peridotitas y peridotitas serpentinizadas. El horizonte acuífero fundamental se encuentra en las zonas fracturadas de las peridotitas serpentinizadas y en los primeros metros del ocre estructural inicial, el que se caracteriza por estar constituido por un material arcilloso, limoso con fragmentos de peridotitas. Lateralmente, la corteza de meteorización es interrumpida por la presencia de afloramientos de rocas duras del basamento, debido al surgimiento de pináculos de éstas a la superficie y a zonas de altas pendientes acopladas al desarrollo de cauces de arroyos, cañadas, etc., tanto en la periferia como en localidades interiores. En estos casos el espesor de la corteza se reduce considerablemente y el perfil se torna laterítico inestructural.





Presa de Rechazo: la humedad natural que presenta el material de rechazo en todo el perfil de la presa está muy cercana a la humedad de saturación del material, excepto en el sector este (parte alta) donde sus valores decrecen. Se debe tener presente que ante aperturas de excavaciones que definan taludes en la parte baja de la Presa de Cola, podrá haber movimiento de agua y posibles arrastres de material hacia éstas con la consiguiente pérdida de estabilidad de sus pendientes. Anteriormente al depósito del material se construyó un sistema de drenaje de las aguas vertidas dentro del área, que en la actualidad está cubierto por el material de rechazo por haber sobrepasado la capacidad inicial de diseño de almacenaje de este material. Colateralmente se han realizado ampliaciones al dique de contención actual y se construyó un nuevo sistema de drenaje de las aguas, ampliando así la capacidad de almacenaje de la misma.

Vegetación

La vegetación depende de la cubierta vegetal y de la orografía. En las superficies planas cubiertas por lateritas, crecen bosques poco tupidos de pinos. Para las montañas son características las malezas subtropicales tupidas y entrelazadas. En los valles y arroyos crecen la palma real y la yagruma.

En sentido general esta vegetación la podemos clasificar en tres formaciones:

1. matorrales percomorfos subespinosos (charrascal),
2. pinares,
3. pluviselvas,

La vegetación endémica de la región resulta notable, calculándose alrededor de 70 variedades de plantas cuyos valores no han sido suficientemente explorados.

Fauna

La región de estudio presenta una mediana densidad de animales endémicos. Dentro de los animales notables se encuentran: el murciélago mariposa, el papilo de gudanech y la avellanada. Además de estas especies notables





se presentan los animales de los bosques claros y de los pequeños arbustos, como son: lagartos, arañas, ciempiés, etc.

También se pueden encontrar especies silvestres como el zunzún, la paloma, tocororos, cartacubas y otros.



CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DE LOS YACIMIENTOS DE LA EMPRESA P.S.A

Introducción

En este capítulo se abordarán las principales tareas correspondientes al diseño de la explotación que se aplica en los yacimientos lateríticos de la Empresa Comandante Pedro Sotto Alba (Moa Nickel S.A). En él se abordarán temas principales como son, esquema de apertura, planificación y organización de la minería.

3.1 Sistema de explotación

En la actualidad, en los yacimientos de la empresa P.S.A se emplea el sistema de explotación a cielo abierto mediante el uso de medio de transporte automotor. El sistema de explotación es a través de bancos múltiples con la exposición simultánea de varios frentes. El escombro tanto como el mineral útil es extraído con retroexcavadoras y la transportación se realiza por medio de camiones articulados Bell Volvo A40E y A40F hacia el lugar de destino que son: las escombreras, para el escombro y el punto de alimentación en Planta de Pulpa y los depósitos para el mineral útil. En el apoyo a la minería se emplean básicamente cargadores frontales y buldóceres que se encargan de sostener el buen estado de los frentes de minería y abastecer la Planta de Pulpa en los momentos requeridos.

El sistema prevé la extracción del mineral y separar la función del buldócer y el cargador, los trabajos de destape a través de bancos de 3 m de altura, divididos en bloques de 8 x 8 m.

El escomboreo 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 norte a sur (o viceversa), mientras que los bancos se desplazan generalmente de oeste a este, este desplazamiento de los frentes de excavación y trabajo depende de la ubicación del área y la topografía del terreno, el frente de explotación habitualmente se desplaza de arriba hacia abajo. La carga de los camiones se realiza en el nivel inferior con giro de 90°.





Ver la figura 3, 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. En circunstancias específicas el ángulo de giro de la excavadora supera los 90° y su tiempo de ciclo de trabajo se incrementa proporcionalmente.

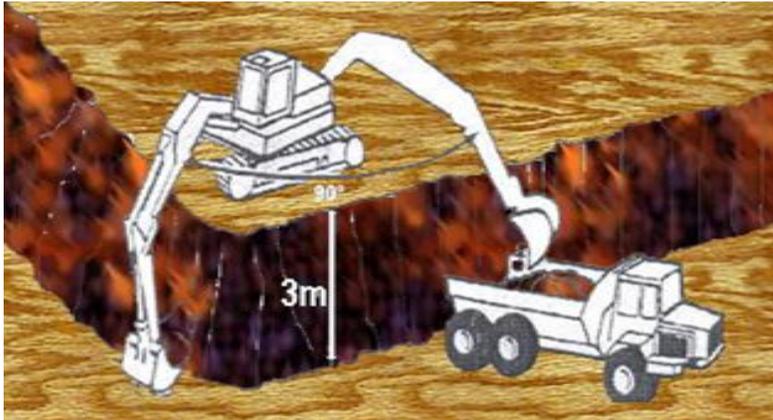


Figura 3. Esquema de arranque y carga inferior

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

Los trabajos de explotación de los yacimientos se realizan a través de múltiples bancos para lograr la alimentación de la Planta de Preparación de Pulpa con la calidad planificada, los cuales se ven imposibilitados en ocasiones para mantener la estabilidad necesaria durante la alimentación debido a las causas siguientes:

1. Variabilidad de los componentes útiles y nocivos de los yacimientos.
2. Insuficiente cantidad de frentes preparados para lograr la homogenización necesaria y garantizar la calidad de la mena alimentada.
3. Alimentación directa a Planta de Pulpa.
4. Aumento considerable de la distancia de acarreo del mineral útil.
5. Disminución de la disponibilidad del equipamiento minero.



3.2 Parámetros fundamentales de la explotación

El sistema de explotación de los yacimientos lateríticos de la empresa P.S.A considera los siguientes parámetros básicos: altura del banco, talud del banco de trabajo o activo, talud final o del banco inactivo, ancho de la plataforma de trabajo, berma de seguridad y la dimensión de los bloques del modelo geológico del yacimiento.

Altura de banco: La altura de los bancos es constante, de 3 m, tanto para el escombreo como para la extracción, considerando las características geológicas del mineral, sus propiedades físicas y los parámetros del equipamiento minero. La altura asignada asegura mayor estabilidad del talud, menor pérdida y dilución durante la explotación.

Ángulo de talud: Considerando la altura de los bancos tanto de extracción como de escombreo y el elevado dinamismo de la explotación, la experiencia práctica demostró que las operaciones mineras se pueden realizar de forma segura con taludes verticales y cuando se alcanza la posición final del banco entonces el talud se inclina hasta 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 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.

Berma de seguridad: Para alturas de banco de 3 m, se estima una berma de seguridad mínima de 1 m debido a que la altura del banco no es grande y con el objetivo de proveer mejor estabilidad. En ocasiones se hará de 3 m. Mediante estas bermas de seguridad no se podrá tener taludes de gran altura, puesto que existe un riesgo potencial de derrumbe cuando mayor es la altura del talud.

La dimensión de los bloques primarios para el establecimiento del modelo geológico del yacimiento o de algunas áreas aisladas se determinó



considerando las características geológicas del mineral, la forma de realización de la exploración geológica y los parámetros del equipamiento minero. Luego de analizar todos los parámetros se decidió que el bloque primario del modelo digital será un paralelepípedo de 8 x 8 x 3 m.

3.3 Principales operaciones mineras

La explotación a cielo abierto asegura una alta productividad del trabajo y un bajo costo por tonelada de mineral extraída, está compuesta por una serie de procesos y operaciones que la caracterizan particularmente, entre ellos:

- 1 Desbroce de la capa vegetal.
- 2 Escombreo y formación de escombreras.
- 3 Construcción y mantenimiento de caminos.
- 4 Extracción y carga del mineral.
- 5 Transportación del mineral.
- 6 Formación y operación de depósitos de mineral.

Desbroce

Esta actividad consiste en arrancar y eliminar toda la superficie vegetal que cubre la capa ferruginosa con espesor entre 25 y 40 cm, aspecto que facilita posteriormente los trabajos de destape y permite conservar la capa vegetal para posible uso posterior durante la rehabilitación de las áreas afectadas.

El desbroce se realiza empleando buldóceres que apilan la maleza en lugares donde no puedan obstruir los trabajos de destape, construcciones de caminos, u otras operaciones.

Construcción de caminos

Las características y dimensiones de los caminos para el transporte de mineral son: doble vía, ancho máximo de 18 m (sumando los paseos y/o bermas de seguridad), pendiente longitudinal máxima del 8 %, ver la figurara 4, y recubiertos con escombro o serpentina si son caminos principales o secundarios no ubicados sobre la minería. Similar dimensión debe utilizarse en la construcción de ramales de acceso a las áreas de minería (caminos secundarios) en los frentes que sea necesario. Los caminos hacia las escombreras serán de 12 m de ancho y dos vías, con pendientes longitudinales



no mayores del 10 %; su construcción es similar a los de tiro de mineral. Partiendo de las condiciones reales de explotación minera en la empresa, se tienen las siguientes premisas para la realización del diseño: El equipamiento para la transportación del mineral está representado por camiones articulados Bell (50 t) Volvo A40D y A40E con capacidad de 37 y 39 toneladas. El talud del camino en las zonas de excavación será de 1 H1 V. En las zonas de terraplén la relación del talud será 1.5 H1 V. En las calzadas de los caminos construidos en terraplén se construirán bermas de protección de 1 m de altura, con salidas para las aguas pluviales en varios puntos. El radio mínimo de giro es de 30 m en las zonas que no se puedan realizar curvas de radio de 50 m. La compactación de los materiales de relleno se realizará a máxima densidad sin prueba de calidad de compactación. Las cunetas para el drenaje se realizarán con sección transversal trapezoidal y relación de talud 1H: 1V y profundidad de hasta 1,5 m. La pendiente máxima del camino no supera 8,0 %. Para el diseño de los parámetros geométricos de los caminos se utiliza el *software* especializado CARTOMAP. 5,0 de procedencia española.

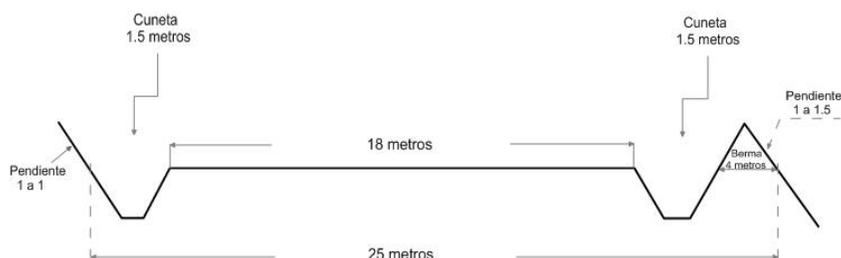


Figura 4. Esquema de la sección típica para la construcción de caminos

Escombreo y conformación de escombreras

La labor de escombreo consiste en remover la capa de mineral con contenido de Ni < (1,0 %) que generalmente está presente en la zona superior del yacimiento, se considera terminada cuando se llega a la cota del techo mineral. En las minas de (P.S.A Moa Nickel S.A.), esta operación se ejecuta con el método de explotación por bancos utilizando retroexcavadoras Liebherr de 8 m³, y camiones articulados en la transportación. En el apoyo a la actividad se



emplean buldóceres que se encargan de mantener el buen estado de los frentes y la conformación de las escombreras. En el escombreo por lo general se planifica el adelanto de reservas destapadas, de tres meses.

El contacto escombro - mineral se define a través del modelo de bloques de 8 x 8 x 3 m, el que permite cuantificar e identificar los bloques que son de escombro y los de minerales. Para efectuar esta operación minera se replantean todos los bloques con estacas en cada esquina de las áreas, indicando con una cinta roja los bloques de escombro.

Los parámetros fundamentales de diseño son los siguientes: altura de banco o capa de 3 m, talud con pendiente 2:1 y bermas de 4 m entre el borde superior de cada capa y el pie de la capa superior, con un talud final de 1 a 3 y con una pendiente hacia el interior de 0,2 %, ver la figura 5.

Para el período de explotación del yacimiento Camarioca Norte se prevé la construcción de seis escombreras ubicadas en diferentes áreas del yacimiento.

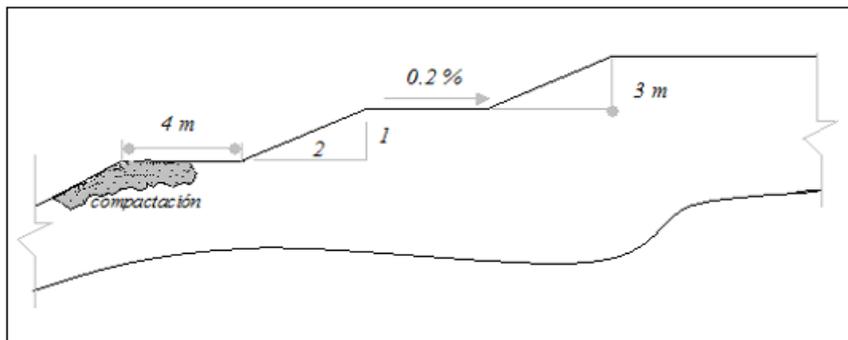


Figura 5. Esquema para la construcción de escombreras

Extracción y transporte

Este proceso tecnológico consiste en excavar el mineral para su carga a los medios de transporte y transportación a la Planta de Pulpa o a los depósitos. La operación de excavación se realiza en los frentes de trabajo por bloques del modelo geológico. El objetivo fundamental de la actividad es garantizar un suministro de mineral estable a la planta de proceso y para ello se utilizan retroexcavadoras marca Liebherr R-984 y R-964 en los frentes de minería, y en



el apoyo a la minería desde los depósito cargadores frontales marca Komatsu WA-600 y WA-700, de forma auxiliar se utilizan buldóceres que se encargan de preparar las plataformas de carga de todos los frentes de trabajo.

La extracción se realiza atendiendo a un plan de minería que permite un adecuado manejo de las áreas ya explotadas y su cierre con la consecuente rehabilitación, mientras otro frente se abre y explota.

La carga de los camiones con la retroexcavadoras se realizará en el nivel inferior con un con un ángulo de giro de la excavadora de 90° con respecto al punto de extracción, lo que permite una disminución sensible en la duración del ciclo de trabajo de ambos equipos y su operación se hará menos compleja. En períodos de lluvia y durante la apertura de un nuevo frente se podrá realizar a nivel de plataforma. Mediante la utilización del método de explotación por bancos múltiples la retroexcavadora ofrece varias ventajas, la más significativa es la elevada maniobrabilidad que permite el trabajo en varios frentes expuestos.

Para la operación de transporte se utilizarán camiones articulados marca Bell y Volvo A40E y A40F. Su función es transportar todo el mineral hacia la planta de pulpa o a los depósitos de mineral.

Características del equipamiento minero utilizado

En el proceso de alimentación de mineral se requiere de un equipamiento que cumpla con las exigencias de esas operaciones. Actualmente operan equipos de arranque y carga, de carga y transporte específicamente.

En la plataforma inmediata a las tolvas de alimentación opera un cargador frontal y dese los frentes de explotación se alimenta con camiones articulados, los equipos de arranque y carga participan de manera indirecta. En la recuperación del mineral remanente en la parte inferior de las áreas minadas opera una retroexcavadora como equipo de arranque y carga, en la excavación carga de material de residual opera un cargador frontal, y los camiones articulados como medio de transporte. A continuación se presenta las características del equipamiento utilizado.

**Tabla 3.** Descripción de los equipos utilizados en las operaciones mineras

Equipos			Según catalogo		Capacidades reales	
Tipo	Marca	Serie	Capacidad de carga	Volumen colmado	Capacidad de carga	Volumen colmado
Cargador frontal	Komatsu	WA-600	10	10	6	6
Cargador frontal	Komatsu	WA-700	12	12	8	8
Camión articulado	VOLVO	A40D	37	22,5	19	16
Camión articulado	VOLVO	A40E	39	24	17	18
Retroexcavadora	Libherr	R-984	6	5,9	6	5,7
Buldoceres	komatsu	WA-800	-	-	-	-
Compactadores	Komatsu	WA-700	-	-	-	-
Motoniveladoras	Komatsu	GD 655	-	-	-	-



CAPÍTULO IV. ESTABLECIMIENTO DE LOS PARÁMETROS DE TRABAJO DE LA CRIBA MÓVIL Y EL CÁLCULO DEL EQUIPAMIENTO NECESARIO PARA SU EXPLOTACIÓN

Introducción

Como se ha mencionado el sistema de explotación utilizado en la mina de la empresa P.S.A prevé la extracción del mineral a través de bancos horizontales múltiples con altura igual a 3 m y cada banco horizontal dividido en 8 x 8 m, ello responden a los modelos geológicos digitales ejecutados para la estimación de reservas y el volumen de material en cada yacimiento. Cada cuerpo mineral genera un modelo digital para la estimación de reservas y el diseño de su explotación.

Una condición de cumplimiento obligatorio en este tipo de sistema de explotación consiste en un mantenimiento de la horizontalidad en cada plataforma de trabajo.

Las áreas que se explotarán se dividen en bancos, con rasantes horizontales cada 3 m de potencia.

El equipo excavación – carga en este caso debe facilitar el mantenimiento de esta cota permanentemente en cada banco con la ayuda del replanteo topográfico, el control del geólogo de campo, el operador de la retroexcavadora, el jefe de brigada y de turno y el personal técnico del recorrido diario para la planificación de la minería.

Una situación particular que ocurre en las áreas de explotación, cuando alcanzan la zona de contacto del mineral útil con el perfil saprolítico, en esta zona es imposible mantener la horizontalidad de los bancos debido a la significativa irregularidad de este contacto y la frecuente presencia de inclusiones de rocas duras.

En estas condiciones surgen serias dificultades para la extracción del mineral del fondo con la retroexcavadora debido a su limitado alcance y a la abundante presencia de rocas en este horizonte del perfil minero. Por esa causa durante la explotación de los yacimientos lateríticos se han incrementado los volúmenes de pérdidas de mineral en las zonas de contacto hasta superar en





algunos casos el nivel relativo de 6% del total en volumen. El equipamiento minero no permite la clasificación del mineral y se alimenta un importante volumen de rocas a la planta de pulpa con sus consecuencias negativas sobre el proceso.

Partiendo de esta situación se considera la extracción del mineral laterítico en las zonas de contacto como una de las probables operaciones donde se puede utilizar en la minería de la empresa Moa Nickel S.A Pedro Sotto Alba una criba móvil.

4.1 Selección de la criba

En la práctica de cribado de minerales se emplean cribas de diversas construcciones. Su clasificación detallada conforme a los índices de diseño resulta voluminosa. Por eso, para una destrucción sistematizada de ellas, nos limitamos a su subdivisión de los grupos siguientes:

Cribas fijas de barrotes

Cribas de discos

Cribas de tambores giratorios

Cribas planas de vaivén

Cribas semivibratorias (giratorias)

Cribas vibratorias con oscilaciones rectilíneas (veloces sobre apoyos inclinados, resonadoras, resonadoras con vibrador eléctrico, con vibrador autobalanceado)

Cribas vibradoras con vibraciones circulares (inertes con vibrador desacoplado simple, de autocentrado).

Cribas de arco

Cribas de tamices planos de agujeros pequeños para el cribado húmedo y pulpas.

Según las condiciones de los yacimientos lateríticos pertenecientes a la Empresa P.S.A, se consideraron los siguientes aspectos para seleccionar la criba, cuya selección se subordina a las propiedades físicas y físico-mecánicas del mineral, así como a sus particularidades (dureza, contenido de arcillas y lamas primarias, humedad (37%), etc.). Las condiciones climáticas y sistemas





de explotación deben ser considerados seriamente en la elección del esquema, la criba se selecciona una: Criba vibratoria móvil.

Son las más importantes y extendidas en el procesamiento de minerales, se emplean en el cribado previo y final con clasificación húmeda de materiales con tamaños de 250 mm hasta menores de 0,250 mm. Existen múltiples tipos de estas cribas. La práctica ha demostrado la factibilidad del empleo de las cribas vibratorias por su alta capacidad y eficiencia (>90%).

Características de la criba Qe440:

- Extensiones de tolva para carga traseras.
- Placas de tolva resistentes al desgaste adicional.
- Placas de tolva resistentes al desgaste en los laterales de cinta y el alimentador.
- Cubiertas de lona y soportes (cinta de finos).
- Cubiertas de lona y soportes (cinta de medianos).
- Barras de suspensión de polvo en cintas de finos.
- Barras de suspensión de polvo en cintas de medianos.
- Bomba de agua hidráulica para alimentar las pulverizadoras de las cintas laterales.
- Bomba de combustible por control remoto.
- Sistema de auto lubricado centralizado.
- Mástil de alumbrado.
- Cable de parada para todos los transportadores.





Figura 6. Criba Q_e440

4.2 Cálculo de los parámetros de la criba Rendimiento masivo

$$Q = F \cdot q \cdot \delta \cdot k \cdot l \cdot m \cdot n \cdot o \cdot p$$

$$F = 0,85 \cdot B \cdot L$$

$$F = 0,85 \cdot 1,8 \cdot 5,5$$

$$F = 8,415 m^2$$

$$Q = 8,145 \cdot 28 \cdot 1,1 \cdot 1,5 \cdot 2,1 \cdot 1 \cdot 1$$

$$Q = 816,42 t/h$$

Donde:

F : área activa del tamiz, (8,415 m²)

B y L : ancho y largo de la caja de cribado, $L=5,5$ m, $B=1,8$ m

q : rendimiento medio en 1m² de superficie del tamiz, (28 m³/h), este dato se establece a partir del diámetro de los agujeros del tamiz inferior.

δ : masa de amontonamiento del material cribado, (1,1 t/m³)

K, l, m, n, o, p : factores correctivos

Área del tamiz superior

$$F = \frac{Q}{q \cdot \delta \cdot k \cdot l \cdot m \cdot n \cdot o \cdot p} = \frac{816,42}{8,415 \cdot 28 \cdot 1,1 \cdot 1,5 \cdot 2,1 \cdot 1 \cdot 1} = 8,41 m^2$$

La salida del material que llega al tamiz inferior, considerando la efectividad del cribado del 90% según la clase -25 mm constituye el 87%.

$$\frac{87 \cdot 90}{100} = 78,32 \%$$



$$F = \frac{Q}{q \cdot \delta \cdot k \cdot l \cdot m \cdot n \cdot o \cdot p} = \frac{816,42 \cdot 0,783}{8,415 \cdot 2,61 \cdot 1,1 \cdot 1,5 \cdot 2,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1} = 8,46 \text{ m}^2$$

4.2 Parámetros de trabajo de la criba

Tabla 4. Parámetros de trabajo

OPERACIONES DE CRIBADO	Orificio(d) (mm)	Efectividad del cribado (%)	Capacidad alimentada (m ³)
I	60	90	8

Tabla 5. Parámetros de corrección de cálculo

Denominación	Parámetros	Criba
Productividad	Q (t/h)	816,42
Masa de amontonamiento	δ (t/m ³)	1,07
Coeficiente correctivo	K	0,5
Coeficiente correctivo	L	0,97
Coeficiente correctivo	M	2,1
Coeficiente correctivo	N	1
Coeficiente correctivo	O	1
Coeficiente correctivo	p	1

Tabla 6. Características de la criba

Operación	Denominación	Área del tamiz, (m ²)	Productividad (t/h)
I	Cribado	9,9	816,42

Tabla 7. Elección de la criba

Operación	Tamaño del orificio, (mm)	Área del tamiz, (m ²)	Número de tamices	Dimensiones A X L (m)
I	60	9,9	1	1,80 x 5,50
II	34	8,5	1	1,80 x 4,70

Productividad de la criba en un turno de trabajo

$$Q_t = Q_{\text{criba}} \cdot T_t$$

$$Q_t = 816,42 \cdot 12$$



$Q_t = 9797 \text{ t/turno}$

La criba será utilizada exclusivamente en los turnos diurnos.

Volumen de la pila de mineral formada por la criba a partir de sus parámetros de trabajo

Esta magnitud se determinó utilizando el *software* SURPAC

$$V_{pila} = 185\text{m}^3$$

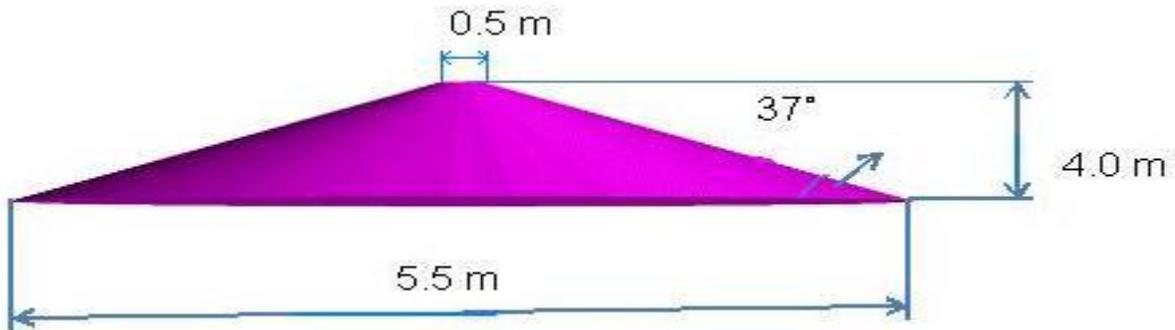


Figura 7. Pila de mineral formado después del proceso de cribado

En cada área se debe preparar una plataforma de trabajo para ubicar la criba y las pilas de mineral cribado, que permita además cargar el mineral cribado hasta la Planta de Preparación de Pulpa.

4.3 Cálculo del equipamiento minero para la explotación de la criba

4.3.1 Para la excavación–carga

Excavadora

En este caso se utilizará como equipo para el arranque – carga del mineral una retroexcavadora Liebherr R-984. Es necesario señalar que el tiempo de ciclo de trabajo de la retroexcavadora en las condiciones reales del fondo de la minería de la áreas minadas se incrementa considerablemente debido a la presencia de abundantes inclusiones de rocas duras de grandes dimensiones que deben ser apartadas durante el proceso de llenado del cubo de la retroexcavadora, aspecto que influye negativamente en la productividad del equipo, pero no impide su trabajo. Por esa causa se asume como tiempo de ciclo 60 segundos, que duplica el tiempo de ciclo en condiciones normales de trabajo.

Capacidad real volumétrica del cubo

$$Q_{rv\ exc} = V_c \cdot K_{II}$$

$$Q_{rv\ exc} = 7 \cdot 0,95$$



$$Q_{rv\ exc} = 6,65\ m^3$$

Densidad del material suelto o esponjado

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

$$\gamma_s = \frac{1,5}{1,68}$$

$$\gamma_s = 0,89\ m^3/t$$

Capacidad real de carga del cubo

$$Q_{rc\ exc} = Q_{rv\ exc} \cdot \gamma_s$$

$$Q_{rc\ exc} = 6,65 \cdot 0,89$$

$$Q_{rc\ exc} = 6\ t$$

Cantidad de cubos por camión (volumen)

$$N_{cv} = \frac{q_c}{Q_{r\ exc}}$$

$$N_{cv} = \frac{28}{6,65}$$

$$N_{cv} = 4,03 \approx 4\ cubos$$

Cantidad de cubos por camión (masa)

$$N_{cm} = \frac{q_{cc}}{Q_{rc\ exc}} = \frac{40}{6}$$

$$N_{cm} = 6,6$$

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

Donde:

q_{cc} = capacidad de carga del camión, (28t)

q_q = capacidad volumétrica del camión.

Debido a la baja densidad del mineral, se opta por considerar la cantidad de cubos en relación a la capacidad volumétrica del camión, por lo que el número de cubos final es de 4.

Productividad horaria de la excavadora

$$Q_{exc} = \frac{3600 \cdot V_c \cdot D \cdot K_{II} \cdot K_u \cdot \gamma}{T_c \cdot K_e}$$

$$Q_{exc} = \frac{3600 \cdot 7 \cdot 0,84 \cdot 0,95 \cdot 0,83 \cdot 1,7}{60 \cdot 1,68}$$



$$Q_{exc} = 282 \text{ t/h}$$

Productividad por turno

$$Q_t = 12 \cdot Q_{exc}$$

$$Q_t = 12 \cdot 282$$

$$Q_t = 3372 \text{ t/turno}$$

Donde:

$K_{ll} = 0,95$ coeficiente de llenado

$V_c = 7 \text{ m}^3$ capacidad del cubo de la excavadora

$D = 0,84$ disponibilidad del equipamiento

$\gamma = 1,7 \text{ m}^3/\text{t}$ masa volumétrica del mineral húmedo por banco

$K_e = 1,68$ coeficiente de esponjamiento

$T_c = 60 \text{ s}$ duración del ciclo de trabajo

$K_u = 0,83$ aprovechamiento de la jornada laboral

$N_t =$ números de turnos al día $N_t = 2$

$T_t = 12 \text{ h}$ tiempo de turno

Esta productividad de la excavadora de $Q_t = 3372 \text{ t/turno}$ se asume como la productividad máxima que puede operar la criba y a partir de ella se establecen los tiempos de cribado de cada área.

Tiempo de cribado de cada área

La práctica de la utilización de 2 cribas fijas en el yacimiento Moa Oriental demostró que aproximadamente el 80% del mineral se puede recuperar del fondo de los yacimientos, el tiempo de cribado de cada área se determina por la siguiente expresión.

$$T_{cribado} = \frac{V_{mineral} \cdot 0,8}{Q_{d \text{ excavadora}}}$$

Tiempo requerido para el cribado del mineral remanente en el fondo del (área – 1)

$$T_{cribado} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{cribado} = \frac{26 \ 177 \cdot 0,8}{3372} = 6 \text{ días}$$



La misma metodología de cálculo se utilizará para determinar el tiempo de cribado de las áreas restantes.

En la tabla 8 se muestra el tiempo de cribado de cada área a partir del volumen de mineral contenido en el fondo.

Tabla 8. Tiempo de cribado de cada área

Áreas	Volumen de mineral (t)	80% de mineral recuperado (t)	Tiempo de cribado (días)
1	26 177	20 942	6
2	64 143	51 314	15
3	87 037	69 630	21
4	0	0	0
5	378 594	302 875	90
6	32 614	26 091	8
7	351 036	280 829	83
8	94 310	75 448	22
9	61 830	49 464	15
10	291 396	233 117	69
11	447 407	357 926	106
12	623 237	498 590	148
13	298 627	238 902	71
14	505 891	404 713	120
15	511 849	409 479	121
16	328 426	262 741	78
17	15 234	12 187	4
18	0	0	0
19	372 095	297 676	88
20	365 593	292 474	87
21	501 912	401 530	119
22	216 514	173 211	51
23	130 444	104 355	31
24	360 120	288 096	85
25	448 625	358 900	106
Total	6 513 111	5 210 490	1544

Considerando las condiciones de trabajo en los fondos de las áreas solo se utilizará para el arranque y la carga del mineral una excavadora en cada una de ellas



4.3.2 Para el traslado del mineral a cribar

Capacidad volumétrica real del camión

$$Q_{VR} = N_{CV} \cdot Q_{REXC}$$

$$Q_{VR} = 4 \cdot 6,65$$

$$Q_{VR} = 26,60 \text{ m}^3$$

Capacidad de carga real del camión

$$Q_{CR} = N_{CV} \cdot Q_{REXC} \cdot \delta$$

$$Q_{CR} = 4 \cdot 6 \cdot 1,09$$

$$Q_{CR} = 26,16 \text{ t}$$

La velocidad de traslación de los camiones para el traslado del mineral en estado vacío será de 30 km/h y cargados de 20 km/h.

Tiempo de carga

$$t_{CAR} = (N_{CV} - 1) \cdot \frac{t_{CEXC}}{60}$$

$$t_{CAR} = (4 - 1) \cdot \frac{90}{60}$$

$$t_{CAR} = 4,5 \text{ min} \approx 5 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{RC} = \frac{60 \cdot L}{V_{CC}}$$

$$t_{RC} = \frac{60 \cdot 0,3}{20}$$

$$t_{RC} = 0,9 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío

$$t_{RV} = \frac{60 \cdot L}{V_{CV}}$$

$$t_{RV} = \frac{60 \cdot 0,3}{30}$$

$$t_{RV} = 0,6 \text{ min}$$

Para el cálculo de la productividad de los camiones para cribar el mineral en cada una de las áreas se determinó una distancia de transportación promedio de $L = 300 \text{ m}$.



Donde:

v_{cv} = velocidad del camión vacío

v_{cc} = velocidad del camión cargado

Tiempo de descarga

$t_{des} = 1 \text{ min}$

Tiempo ciclo del camión para el traslado del mineral a cribar

$t_{cc} = t_{car} + t_{rc} + t_{rv} + t_{des}$

$t_{cc} = 5 + 0,9 + 0,6 + 1$

$t_{cc} = 7,5 \text{ min}$

Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{7,5}$$

$Q_h = 149 \text{ t/h}$

Productividad del camión por turnos

$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$

$Q_t = 149 \cdot 12 \cdot 0,84$

$Q_t = 1502 \text{ t/turno}$

Cantidad de camiones permisibles por excavadoras

$$N_{camiones} = \frac{t_{cc}}{t_{carga}}$$

$$N_{camiones} = \frac{7,5}{5} = 2 \text{ camiones}$$

El cálculo del tiempo se realiza a partir de la productividad de 2 camiones ya que debido a la pequeña distancia de transportación la retroexcavadora no acepta más de 2 camiones.

4.3.3 Cálculo del equipamiento minero para el traslado del mineral cribado a la planta de pulpa

Para el cálculo del traslado de mineral cribado la excavadora si trabaja los 2 turnos de trabajo, el tiempo de ciclo será de 45 segundos ya que solo cargara el mineral cribado.



Productividad horaria de la excavadora

$$Q_{exc} = \frac{3600 \cdot V_c \cdot D \cdot K_{II} \cdot K_u \cdot \gamma}{T_c \cdot K_e}$$

$$Q_{exc} = \frac{3600 \cdot 7 \cdot 0,84 \cdot 0,95 \cdot 0,83 \cdot 1,7}{45 \cdot 1,68}$$

$$Q_{exc} = 373 \text{ t/h}$$

Productividad por turno

$$Q_t = 12 \cdot Q_{exc}$$

$$Q_t = 12 \cdot 373$$

$$Q_t = 4476 \text{ t/turno}$$

Tiempo de explotación de las áreas

Este tiempo se establece a partir del volumen de mineral presente en el fondo del área minada (**Ver anexo 3**) y la productividad de la retroexcavadora en estas condiciones. . El volumen de mineral remanente en el fondo del área minada se disminuye en un 20% debido a que las condiciones en estas zonas impiden la extracción de todo el volumen de mineral.

La práctica de las operaciones mineras ha demostrado que para la explotación de los fondos de minería no se pueden utilizar más de 10 camiones, no obstante el tiempo de explotación de cada área se calculó para 5, 10 y la cantidad máxima de camiones que puede admitir una excavadora.

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 1), (distancia de transportación: 10,9 km)

Capacidad volumétrica real del camión

$$Q_{vr} = N_{cv} \cdot Q_{r exc}$$

$$Q_{vr} = 4 \cdot 6,65$$

$$Q_{vr} = 26,60 \text{ m}^3$$

Capacidad de carga real del camión

$$Q_{cr} = N_{cv} \cdot Q_{rc exc} \cdot \delta$$

$$Q_{cr} = 4 \cdot 6 \cdot 1,09$$

$$Q_{cr} = 26,16 \text{ t}$$

La velocidad de traslación de los camiones el traslado de mineral en estado vacío será de 30 km/h y cargados de 20 km/h.



Tiempo de carga

$$t_{\text{car}} = (N_{\text{cv}} - 1) \cdot \frac{t_{\text{cexc}}}{60}$$

$$t_{\text{car}} = (4 - 1) \cdot \frac{90}{60}$$

$$t_{\text{car}} = 4,5 \text{ min} \approx 5 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{\text{rc}} = \frac{60 \cdot L}{V_{\text{cc}}}$$

$$t_{\text{rc}} = \frac{60 \cdot 10,9}{20}$$

$$t_{\text{rc}} = 32,7 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío

$$t_{\text{rv}} = \frac{60 \cdot L}{V_{\text{cv}}}$$

$$t_{\text{rv}} = \frac{60 \cdot 10,9}{30}$$

$$t_{\text{rv}} = 21,8 \text{ min}$$

Donde:

L= distancia de transportación

v_{cv}= velocidad del camión vacío

v_{cc}= velocidad del camión cargado

Tiempo de descarga

$$t_{\text{des}} = 1 \text{ min}$$

Tiempo de maniobra

$$t_{\text{m}} = 2 \text{ min}$$

Tiempo de muestreo

$$t_{\text{muestreo}} = 0,5 \text{ min}$$

Tiempo perdido en otras operaciones

$$t_{\text{per}} = 1,5 \text{ min}$$

Tiempo de limpieza de la volqueta

$$t_{\text{lv}} = 0,62 \text{ min}$$



Tiempo ciclo del camión durante la explotación del área -1

$$t_{cc} = t_{car} + t_{rc} + t_{rv} + t_{des} + t_m + t_{muestreo} + t_{per} + t_{lv}$$

$$t_{cc} = 5 + 32,7 + 21,8 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{cc} = 65,12 \text{ min} = 1,1 \text{ h}$$

Donde:

$T_t = 12 \text{ h}$ tiempo de duración del turno

$T_{ct} = 0,25 \text{ h}$ tiempo de cambio de turno

$T_d = 0,25 \text{ h}$ tiempo de descanso reglamentado en un turno

$T_{t,m,a} = 1 \text{ h}$ tiempo de merienda y almuerzo

$T_h = 1 \text{ h}$ tiempo para habilitar y otras cuestiones

Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{65,12}$$

$$Q_h = 17,2 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$

$$Q_t = 17,2 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 173 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 173 \cdot 2$$

$$Q_d = 346 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 5 \cdot 346$$

$$Q_{rex} = 1730 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d rex}}$$



$$T_{re} = \frac{20\,942}{1730} = 12 \text{ días}$$

Donde:

K_{ut} – coeficiente de utilización del turno.

K_d – disponibilidad mecánica.

T_t – duración del turno de trabajo.

K_{up} – coeficiente de utilización del parque.

N_T – número de turnos de trabajo.

T_t – tiempo requerido para la explotación del mineral remanente en el fondo del área.

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 10 \cdot 346$$

$$Q_{rex} = 3460 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{re} = \frac{20\,942}{3460} = 6 \text{ días}$$

Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{cc} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,1 \cdot 60}{4} = 17 \text{ camiones}$$

Donde:

C_c – cantidad de camiones

t_{cc} – tiempo de ciclo del camión

Productividad de la retroexcavadora para 17 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 17 \cdot 346$$

$$Q_{rex} = 5882 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$



$$T_{re} = \frac{20\,942}{5882} = 4 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 2), (distancia de transportación: 11,6 km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{rc} = \frac{60 \cdot L}{V_{cc}} = \frac{60 \cdot 11,6}{20} = 34,8 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}} = \frac{60 \cdot 11,6}{30} = 23,2 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 2

$$t_{cc} = t_{car} + t_{rc} + t_{rv} + t_{des} + t_m + t_{muestreo} + t_{per} + t_{lv}$$

$$t_{cc} = 5 + 34,8 + 23,2 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{cc} = 68,62 \text{ min} = 1,1 \text{ h}$$

Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{68,62}$$

$$Q_h = 16,3 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$

$$Q_t = 16,3 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 164 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 164 \cdot 2$$

$$Q_d = 328 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 5 \cdot 328$$

$$Q_{rex} = 1640 \text{ t/día}$$



Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d\ rex}}$$

$$T_{re} = \frac{51\ 314}{1640} = 31 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 10 \cdot 328$$

$$Q_{rex} = 3280 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d\ rex}}$$

$$T_{re} = \frac{51\ 314}{3280} = 16 \text{ días}$$

Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{cc} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,1 \cdot 60}{4} = 17 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 17 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 17 \cdot 328$$

$$Q_{rex} = 5576 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d\ rex}}$$

$$T_{re} = \frac{51\ 314}{5576} = 9 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 3), (distancia de transportación: 12,1km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{rc} = \frac{60 \cdot L}{V_{cc}} = \frac{60 \cdot 12,1}{20} = 36,3 \text{ min}$$



Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}} = \frac{60 \cdot 12,1}{30} = 24,2 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 3

$$t_{cc} = t_{car} + t_{rc} + t_{rv} + t_{des} + t_m + t_{muestreo} + t_{per} + t_{lv}$$

$$t_{cc} = 5 + 36,3 + 24,2 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{cc} = 71,12 \text{ min} = 1,2 \text{ h}$$

Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{71,12}$$

$$Q_h = 15,8 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$

$$Q_t = 15,8 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 159 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 159 \cdot 2$$

$$Q_d = 318 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 5 \cdot 318$$

$$Q_{rex} = 1590 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d rex}}$$

$$T_{re} = \frac{69\ 630}{1590} = 44 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$



$$Q_{\text{rex}} = 10 \cdot 318$$

$$Q_{\text{rex}} = 3180 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{69\,630}{3180} = 22 \text{ días}$$

Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{cc} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,2 \cdot 60}{4} = 18 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 18 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 18 \cdot 318$$

$$Q_{\text{rex}} = 5724 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{69\,630}{5724} = 12 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 5), (distancia de transportación: 11,8 km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{\text{rc}} = \frac{60 \cdot L}{V_{\text{cc}}} = \frac{60 \cdot 11,8}{20} = 35,4 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío

$$t_{\text{rv}} = \frac{60 \cdot L}{V_{\text{cv}}} = \frac{60 \cdot 11,8}{30} = 23,6 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 5

$$t_{\text{cc}} = t_{\text{car}} + t_{\text{rc}} + t_{\text{rv}} + t_{\text{des}} + t_{\text{m}} + t_{\text{muestreo}} + t_{\text{per}} + t_{\text{lv}}$$

$$t_{\text{cc}} = 5 + 35,4 + 23,6 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{\text{cc}} = 69,62 \text{ min} = 1,2 \text{ h}$$



Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{69,62}$$

$$Q_h = 16,10 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$

$$Q_t = 16,10 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 162 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 162 \cdot 2$$

$$Q_d = 324 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 5 \cdot 324$$

$$Q_{rex} = 1620 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d rex}}$$

$$T_{re} = \frac{302\,675}{1620} = 187 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 10 \cdot 324$$

$$Q_{rex} = 3240 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d rex}}$$

$$T_{re} = \frac{302\,675}{3240} = 93 \text{ días}$$



Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{cc} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,2 \cdot 60}{4} = 18 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 18 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 18 \cdot 324$$

$$Q_{rex} = 5832 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{re} = \frac{302\,675}{5832} = 52 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 6), (distancia de transportación: 12,4 km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{rc} = \frac{60 \cdot L}{V_{cc}} = \frac{60 \cdot 12,4}{20} = 37,2 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}} = \frac{60 \cdot 12,4}{30} = 24,8 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 6

$$t_{cc} = t_{car} + t_{rc} + t_{rv} + t_{des} + t_m + t_{\text{muestreo}} + t_{\text{per}} + t_{lv}$$

$$t_{cc} = 5 + 37,2 + 24,8 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{cc} = 72,62 \text{ min} = 1,2 \text{ h}$$

Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{72,62}$$

$$Q_h = 15 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$



$$Q_t = 15 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 151 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 151 \cdot 2$$

$$Q_d = 302 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 5 \cdot 302$$

$$Q_{\text{rex}} = 1510 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{26\ 091}{1510} = 17 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 10 \cdot 302$$

$$Q_{\text{rex}} = 3020 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{26\ 091}{3020} = 9 \text{ días}$$

Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{cc} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,2 \cdot 60}{4} = 18 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 18 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 18 \cdot 302$$

$$Q_{\text{rex}} = 5436 \text{ t/día}$$





Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d\text{ rex}}}$$

$$T_{re} = \frac{26\,091}{5436} = 5 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 7), (distancia de transportación: 15,7 km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{rc} = \frac{60 \cdot L}{V_{cc}} = \frac{60 \cdot 15,7}{20} = 47,1 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}} = \frac{60 \cdot 15,7}{30} = 31,4 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 7

$$t_{cc} = t_{car} + t_{rc} + t_{rv} + t_{des} + t_m + t_{muestreo} + t_{per} + t_{lv}$$

$$t_{cc} = 5 + 47,1 + 31,4 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{cc} = 89,12 \text{ min} = 1,5 \text{ h}$$

Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{89,12}$$

$$Q_h = 13 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$

$$Q_t = 13 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 131 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 131 \cdot 2$$

$$Q_d = 262 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$



$$Q_{\text{rex}} = 5 \cdot 262$$

$$Q_{\text{rex}} = 1310 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{280\ 826}{1310} = 214 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 10 \cdot 262$$

$$Q_{\text{rex}} = 2620 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{280\ 826}{2620} = 107 \text{ días}$$

Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{cc} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,5 \cdot 60}{4} = 23 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 23 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 23 \cdot 262$$

$$Q_{\text{rex}} = 6026 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{280\ 826}{6026} = 47 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 8), (distancia de transportación: 15 km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{rc} = \frac{60 \cdot L}{V_{cc}} = \frac{60 \cdot 15}{20} = 45 \text{ min}$$



Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}} = \frac{60 \cdot 15}{30} = 30 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 8

$$t_{cc} = t_{car} + t_{rc} + t_{rv} + t_{des} + t_m + t_{muestreo} + t_{per} + t_{lv}$$

$$t_{cc} = 5 + 45 + 30 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{cc} = 85,62 \text{ min} = 1,4 \text{ h}$$

Productividad del camión por hora

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{85,62}$$

$$Q_h = 13 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$

$$Q_t = 13 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 131 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 131 \cdot 2$$

$$Q_d = 262 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 5 \cdot 262$$

$$Q_{rex} = 1310 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d rex}}$$

$$T_{re} = \frac{75\,448}{1310} = 58 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$



$$Q_{\text{rex}} = 10 \cdot 362$$

$$Q_{\text{rex}} = 3620 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{75\,448}{3620} = 21 \text{ días}$$

Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{cc} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,4 \cdot 60}{4} = 21 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 21 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 21 \cdot 362$$

$$Q_{\text{rex}} = 7602 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{75\,448}{7602} = 10 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 9), (distancia de transportación: 14,6 km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{\text{rc}} = \frac{60 \cdot L}{V_{\text{cc}}} = \frac{60 \cdot 14,6}{20} = 43,8 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío

$$t_{\text{rv}} = \frac{60 \cdot L}{V_{\text{cv}}} = \frac{60 \cdot 14,6}{30} = 29,2 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 9

$$t_{\text{cc}} = t_{\text{car}} + t_{\text{rc}} + t_{\text{rv}} + t_{\text{des}} + t_{\text{m}} + t_{\text{muestreo}} + t_{\text{per}} + t_{\text{lv}}$$

$$t_{\text{cc}} = 5 + 43,8 + 29,2 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{\text{cc}} = 83,62 \text{ min} = 1,4 \text{ h}$$



Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{83,62}$$

$$Q_h = 13 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$

$$Q_t = 13 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 131 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 131 \cdot 2$$

$$Q_d = 262 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 5 \cdot 362$$

$$Q_{rex} = 1310 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d rex}}$$

$$T_{re} = \frac{49\,464}{1310} = 38 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 10 \cdot 362$$

$$Q_{rex} = 3620 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d rex}}$$

$$T_{re} = \frac{49\,464}{3620} = 14 \text{ días}$$



Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{cc} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,4 \cdot 60}{4} = 21 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 21 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 21 \cdot 362$$

$$Q_{\text{rex}} = 7602 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{49\,464}{7602} = 7 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 10), (distancia de transportación: 13,6 km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{\text{rc}} = \frac{60 \cdot L}{V_{\text{cc}}} = \frac{60 \cdot 13,6}{20} = 40,8 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío

$$t_{\text{rv}} = \frac{60 \cdot L}{V_{\text{cv}}} = \frac{60 \cdot 13,6}{30} = 27,2 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 10

$$t_{\text{cc}} = t_{\text{car}} + t_{\text{rc}} + t_{\text{rv}} + t_{\text{des}} + t_{\text{m}} + t_{\text{muestreo}} + t_{\text{per}} + t_{\text{lv}}$$

$$t_{\text{cc}} = 5 + 40,8 + 27,2 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{\text{cc}} = 78,62 \text{ min} = 1,3 \text{ h}$$

Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{\text{cc}} \cdot D}{t_{\text{cc}}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{78,62}$$

$$Q_h = 14 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$



$$Q_t = 14 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 141 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 141 \cdot 2$$

$$Q_d = 282 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 5 \cdot 282$$

$$Q_{\text{rex}} = 1410 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{233 \ 117}{1410} = 165 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 10 \cdot 282$$

$$Q_{\text{rex}} = 2820 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{233 \ 117}{2820} = 83 \text{ días}$$

Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{cc} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,3 \cdot 60}{4} = 20 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 20 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 20 \cdot 282$$

$$Q_{\text{rex}} = 5640 \text{ t/día}$$



Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d\text{ rex}}}$$

$$T_{re} = \frac{233\,117}{5640} = 41 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 11), (distancia de transportación: 13,6 km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{rc} = \frac{60 \cdot L}{V_{cc}} = \frac{60 \cdot 13,6}{20} = 40,8 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}} = \frac{60 \cdot 13,6}{30} = 27,2 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 11

$$t_{cc} = t_{car} + t_{rc} + t_{rv} + t_{des} + t_m + t_{muestreo} + t_{per} + t_{lv}$$

$$t_{cc} = 5 + 40,8 + 27,2 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{cc} = 78,62 \text{ min} = 1,3 \text{ h}$$

Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{78,62}$$

$$Q_h = 14 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$

$$Q_t = 14 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 141 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 141 \cdot 2$$

$$Q_d = 282 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$



$$Q_{\text{rex}} = 5 \cdot 282$$

$$Q_{\text{rex}} = 1410 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{357\,926}{1410} = 254 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 10 \cdot 282$$

$$Q_{\text{rex}} = 2820 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{357\,926}{2820} = 127 \text{ días}$$

Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{\text{cc}} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,3 \cdot 60}{4} = 20 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 20 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 20 \cdot 282$$

$$Q_{\text{rex}} = 5640 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{357\,926}{5640} = 63 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 12), (distancia de transportación: 14,5 km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{\text{rc}} = \frac{60 \cdot L}{V_{\text{cc}}} = \frac{60 \cdot 14,5}{20} = 43,5 \text{ min}$$



Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}} = \frac{60 \cdot 14,5}{30} = 29 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 12

$$t_{cc} = t_{car} + t_{rc} + t_{rv} + t_{des} + t_m + t_{muestreo} + t_{per} + t_{lv}$$

$$t_{cc} = 5 + 43,5 + 29 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{cc} = 83,12 \text{ min} = 1,4 \text{ h}$$

Productividad del camión por hora

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{83,12}$$

$$Q_h = 13 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$

$$Q_t = 13 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 131 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 131 \cdot 2$$

$$Q_d = 262 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 5 \cdot 262$$

$$Q_{rex} = 1310 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d rex}}$$

$$T_{re} = \frac{498\,590}{1310} = 381 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$



$$Q_{\text{rex}} = 10 \cdot 262$$

$$Q_{\text{rex}} = 2620 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{498\,590}{2620} = 190 \text{ días}$$

Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{cc} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,4 \cdot 60}{4} = 21 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 21 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 21 \cdot 262$$

$$Q_{\text{rex}} = 5502 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{498\,590}{5502} = 91 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 13), (distancia de transportación: 14,3 km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{rc} = \frac{60 \cdot L}{V_{cc}} = \frac{60 \cdot 14,3}{20} = 42,9 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}} = \frac{60 \cdot 14,3}{30} = 28,6 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 13

$$t_{cc} = t_{\text{car}} + t_{rc} + t_{rv} + t_{\text{des}} + t_m + t_{\text{muestreo}} + t_{\text{per}} + t_{lv}$$

$$t_{cc} = 5 + 42,9 + 28,6 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{cc} = 82,12 \text{ min} = 1,3 \text{ h}$$



Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{82,12}$$

$$Q_h = 14 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$

$$Q_t = 14 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 141 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 141 \cdot 2$$

$$Q_d = 282 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 5 \cdot 282$$

$$Q_{rex} = 1410 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{re} = \frac{238 \ 902}{1410} = 135 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 10 \cdot 282$$

$$Q_{rex} = 2820 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{re} = \frac{238 \ 902}{2820} = 85 \text{ días}$$



Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{cc} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,4 \cdot 60}{4} = 21 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 21 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 21 \cdot 282$$

$$Q_{rex} = 5922 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{re} = \frac{238\,902}{5922} = 40 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 14), (distancia de transportación: 15,2 km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{rc} = \frac{60 \cdot L}{V_{cc}} = \frac{60 \cdot 15,2}{20} = 45,6 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}} = \frac{60 \cdot 15,2}{30} = 30,4 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 14

$$t_{cc} = t_{car} + t_{rc} + t_{rv} + t_{des} + t_m + t_{muestreo} + t_{per} + t_{lv}$$

$$t_{cc} = 5 + 45,6 + 30,4 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{cc} = 86,67 \text{ min} = 1,4 \text{ h}$$

Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{86,67}$$

$$Q_h = 13 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$



$$Q_t = 13 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 131 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 131 \cdot 2$$

$$Q_d = 262 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 5 \cdot 262$$

$$Q_{\text{rex}} = 1310 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{404 \ 713}{1310} = 309 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 10 \cdot 262$$

$$Q_{\text{rex}} = 2620 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{404 \ 713}{2620} = 154 \text{ días}$$

Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{cc} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,4 \cdot 60}{4} = 21 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 21 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 21 \cdot 262$$

$$Q_{\text{rex}} = 5502 \text{ t/día}$$



Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d\text{ rex}}}$$

$$T_{re} = \frac{404\,713}{5502} = 74 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 15), (distancia de transportación: 16,1 km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{rc} = \frac{60 \cdot L}{V_{cc}} = \frac{60 \cdot 16,1}{20} = 48,3 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}} = \frac{60 \cdot 16,1}{30} = 32,2 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 15

$$t_{cc} = t_{car} + t_{rc} + t_{rv} + t_{des} + t_m + t_{muestreo} + t_{per} + t_{lv}$$

$$t_{cc} = 5 + 48,3 + 32,2 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{cc} = 91,17 \text{ min} = 1,5 \text{ h}$$

Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{91,17}$$

$$Q_h = 12 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$

$$Q_t = 12 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 121 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 121 \cdot 2$$

$$Q_d = 242 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$



$$Q_{\text{rex}} = 5 \cdot 242$$

$$Q_{\text{rex}} = 1210 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{409\,479}{1210} = 338 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 10 \cdot 242$$

$$Q_{\text{rex}} = 2420 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{409\,479}{2420} = 169 \text{ días}$$

Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{cc} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,5 \cdot 60}{4} = 23 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 23 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 23 \cdot 242$$

$$Q_{\text{rex}} = 5566 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{409\,479}{5566} = 74 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 16), (distancia de transportación: 14,2 km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{rc} = \frac{60 \cdot L}{V_{cc}} = \frac{60 \cdot 14,2}{20} = 42,6 \text{ min}$$





Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}} = \frac{60 \cdot 14,2}{30} = 28,4 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 16

$$t_{cc} = t_{car} + t_{rc} + t_{rv} + t_{des} + t_m + t_{muestreo} + t_{per} + t_{lv}$$

$$t_{cc} = 5 + 42,6 + 28,4 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{cc} = 81,67 \text{ min} = 1,3 \text{ h}$$

Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{81,67}$$

$$Q_h = 14 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$

$$Q_t = 14 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 141 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 141 \cdot 2$$

$$Q_d = 282 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 5 \cdot 282$$

$$Q_{rex} = 1410 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d rex}}$$

$$T_{re} = \frac{262\,741}{1410} = 186 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$



$$Q_{\text{rex}} = 10 \cdot 282$$

$$Q_{\text{rex}} = 2820 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{262\,741}{2820} = 93 \text{ días}$$

Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{cc} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,3 \cdot 60}{4} = 20 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 20 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 20 \cdot 282$$

$$Q_{\text{rex}} = 5640 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{262\,741}{5640} = 47 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 17), (distancia de transportación: 14,1 km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{rc} = \frac{60 \cdot L}{V_{cc}} = \frac{60 \cdot 14,1}{20} = 42,3 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}} = \frac{60 \cdot 14,1}{30} = 28,2 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 17

$$t_{cc} = t_{car} + t_{rc} + t_{rv} + t_{des} + t_m + t_{muestreo} + t_{per} + t_{lv}$$

$$t_{cc} = 5 + 42,3 + 28,2 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{cc} = 81,17 \text{ min} = 1,4 \text{ h}$$



Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{81,17}$$

$$Q_h = 14 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$

$$Q_t = 14 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 141 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 141 \cdot 2$$

$$Q_d = 282 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 5 \cdot 282$$

$$Q_{rex} = 1410 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d rex}}$$

$$T_{re} = \frac{12\ 167}{1410} = 9 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 10 \cdot 282$$

$$Q_{rex} = 2820 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d rex}}$$

$$T_{re} = \frac{12\ 167}{2820} = 4 \text{ días}$$



Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{cc} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,4 \cdot 60}{4} = 21 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 21 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 21 \cdot 282$$

$$Q_{rex} = 5922 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{re} = \frac{12\ 167}{5922} = 2 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 19), (distancia de transportación: 14,8 km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{rc} = \frac{60 \cdot L}{V_{cc}} = \frac{60 \cdot 14,8}{20} = 44,4 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}} = \frac{60 \cdot 14,8}{30} = 29,6 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 19

$$t_{cc} = t_{car} + t_{rc} + t_{rv} + t_{des} + t_m + t_{\text{muestreo}} + t_{per} + t_{lv}$$

$$t_{cc} = 5 + 44,4 + 29,6 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{cc} = 84,67 \text{ min} = 1,4 \text{ h}$$

Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{84,67}$$

$$Q_h = 13 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$



$$Q_t = 14 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 131 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 131 \cdot 2$$

$$Q_d = 262 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 5 \cdot 262$$

$$Q_{\text{rex}} = 1310 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{297\ 676}{1310} = 227 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 10 \cdot 262$$

$$Q_{\text{rex}} = 2620 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{297\ 676}{3280} = 91 \text{ días}$$

Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{cc} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,4 \cdot 60}{4} = 21 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 21 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 21 \cdot 262$$

$$Q_{\text{rex}} = 5502 \text{ t/día}$$





Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d\text{ rex}}}$$

$$T_{re} = \frac{297\,676}{5502} = 54 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 20), (distancia de transportación: 13,8 km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{rc} = \frac{60 \cdot L}{V_{cc}} = \frac{60 \cdot 14,3}{20} = 39 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}} = \frac{60 \cdot 14,3}{30} = 26 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 20

$$t_{cc} = t_{car} + t_{rc} + t_{rv} + t_{des} + t_m + t_{muestreo} + t_{per} + t_{lv}$$

$$t_{cc} = 5 + 39 + 26 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{cc} = 75,67 \text{ min} = 1,3 \text{ h}$$

Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{75,67}$$

$$Q_h = 15 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$

$$Q_t = 15 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 151 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 151 \cdot 2$$

$$Q_d = 302 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$



$$Q_{\text{rex}} = 5 \cdot 302$$

$$Q_{\text{rex}} = 1510 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{292\,474}{1510} = 194 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 10 \cdot 302$$

$$Q_{\text{rex}} = 3020 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{292\,474}{3020} = 97 \text{ días}$$

Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{cc} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,3 \cdot 60}{4} = 20 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 20 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 20 \cdot 302$$

$$Q_{\text{rex}} = 6040 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{292\,474}{6040} = 48 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 21), (distancia de transportación: 16,3 km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{rc} = \frac{60 \cdot L}{V_{cc}} = \frac{60 \cdot 16,3}{20} = 48,9 \text{ min}$$



Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}} = \frac{60 \cdot 16,3}{30} = 32,6 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 21

$$t_{cc} = t_{car} + t_{rc} + t_{rv} + t_{des} + t_m + t_{muestreo} + t_{per} + t_{lv}$$

$$t_{cc} = 5 + 48,9 + 32,6 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{cc} = 92,17 \text{ min} = 1,5 \text{ h}$$

Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{92,17}$$

$$Q_h = 12 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$

$$Q_t = 12 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 121 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 121 \cdot 2$$

$$Q_d = 242 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 5 \cdot 242$$

$$Q_{rex} = 1210 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d rex}}$$

$$T_{re} = \frac{401\,530}{1210} = 332 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$



$$Q_{\text{rex}} = 10 \cdot 242$$

$$Q_{\text{rex}} = 2420 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{401\,530}{2420} = 166 \text{ días}$$

Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{cc} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,5 \cdot 60}{4} = 23 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 23 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 23 \cdot 242$$

$$Q_{\text{rex}} = 5566 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{401\,530}{5566} = 72 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 22), (distancia de transportación: 16,5 km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{rc} = \frac{60 \cdot L}{V_{cc}} = \frac{60 \cdot 16,5}{20} = 49,5 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}} = \frac{60 \cdot 16,5}{30} = 33 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 22

$$t_{cc} = t_{\text{car}} + t_{rc} + t_{rv} + t_{\text{des}} + t_m + t_{\text{muestreo}} + t_{\text{per}} + t_{lv}$$

$$t_{cc} = 5 + 49,5 + 33 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{cc} = 93,17 \text{ min} = 1,6 \text{ h}$$



Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{93,17}$$

$$Q_h = 12 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$

$$Q_t = 12 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 141 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 121 \cdot 2$$

$$Q_d = 242 \text{ t/día}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 5 \cdot 242$$

$$Q_{rex} = 1210 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{re} = \frac{173 \ 211}{1210} = 143 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 10 \cdot 242$$

$$Q_{rex} = 2420 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{re} = \frac{173 \ 211}{2420} = 72 \text{ días}$$



Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{cc} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,6 \cdot 60}{4} = 24 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 24 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 24 \cdot 242$$

$$Q_{rex} = 5808 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{re} = \frac{173 \ 211}{5808} = 30 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 23), (distancia de transportación: 16,8 km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{rc} = \frac{60 \cdot L}{V_{cc}} = \frac{60 \cdot 16,8}{20} = 50,4 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}} = \frac{60 \cdot 16,8}{30} = 33,6 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 23

$$t_{cc} = t_{car} + t_{rc} + t_{rv} + t_{des} + t_m + t_{\text{muestreo}} + t_{per} + t_{lv}$$

$$t_{cc} = 5 + 42,9 + 28,6 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{cc} = 94,67 \text{ min} = 1,6 \text{ h}$$

Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{94,67}$$

$$Q_h = 12 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$



$$Q_t = 12 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 141 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 121 \cdot 2$$

$$Q_d = 242 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 5 \cdot 242$$

$$Q_{\text{rex}} = 1210 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{104 \ 355}{1210} = 86 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 10 \cdot 242$$

$$Q_{\text{rex}} = 2420 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{104 \ 355}{2420} = 43 \text{ días}$$

Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{cc} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,6 \cdot 60}{4} = 24 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 24 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 24 \cdot 242$$

$$Q_{\text{rex}} = 5808 \text{ t/día}$$





Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d\text{ rex}}}$$

$$T_{re} = \frac{104\,355}{5808} = 18 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 24), (distancia de transportación: 15 km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{rc} = \frac{60 \cdot L}{V_{cc}} = \frac{60 \cdot 15}{20} = 45 \text{ min}$$

Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}} = \frac{60 \cdot 15}{30} = 30 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 24

$$t_{cc} = t_{car} + t_{rc} + t_{rv} + t_{des} + t_m + t_{muestreo} + t_{per} + t_{lv}$$

$$t_{cc} = 5 + 45 + 30 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{cc} = 85,67 \text{ min} = 1,4 \text{ h}$$

Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{85,67}$$

$$Q_h = 13 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$

$$Q_t = 13 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 131 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 131 \cdot 2$$

$$Q_d = 262 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$



$$Q_{\text{rex}} = 5 \cdot 262$$

$$Q_{\text{rex}} = 1310 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{288\,096}{1310} = 220 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 10 \cdot 262$$

$$Q_{\text{rex}} = 2620 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{288\,096}{2620} = 110 \text{ días}$$

Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{\text{cc}} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,4 \cdot 60}{4} = 21 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 21 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 21 \cdot 262$$

$$Q_{\text{rex}} = 5502 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{288\,096}{5502} = 52 \text{ días}$$

Tiempo requerido para la extracción del mineral remanente en el fondo del (área – 25), (distancia de transportación: 15,8 km)

Tiempo de recorrido cargado

$$t_{\text{rc}} = \frac{60 \cdot L}{V_{\text{cc}}} = \frac{60 \cdot 15,8}{20} = 47,4 \text{ min}$$



Tiempo de recorrido vacío

$$t_{rv} = \frac{60 \cdot L}{V_{cv}} = \frac{60 \cdot 15,8}{30} = 31,6 \text{ min}$$

Tiempo de ciclo del camión durante la explotación del área – 25

$$t_{cc} = t_{car} + t_{rc} + t_{rv} + t_{des} + t_m + t_{muestreo} + t_{per} + t_{lv}$$

$$t_{cc} = 5 + 47,4 + 31,6 + 1 + 2 + 0,5 + 1,5 + 0,62$$

$$t_{cc} = 89,97 \text{ min} = 1,5 \text{ h}$$

Productividad del camión por horas

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot q_{cc} \cdot D}{t_{cc}}$$

$$Q_h = \frac{60 \cdot 0,84 \cdot 26,16 \cdot 0,85}{89,97}$$

$$Q_h = 12 \text{ t/h}$$

Productividad del camión por turnos

$$Q_t = Q_h \cdot T_t \cdot K_d$$

$$Q_t = 12 \cdot 12 \cdot 0,84$$

$$Q_t = 121 \text{ t/turno}$$

Productividad del camión por días

$$Q_d = Q_t \cdot N_t$$

$$Q_d = 121 \cdot 2$$

$$Q_d = 242 \text{ t/días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 5 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{rex} = 5 \cdot 242$$

$$Q_{rex} = 1210 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{re} = \frac{V_{mineral}}{Q_{d rex}}$$

$$T_{re} = \frac{358\,900}{1210} = 297 \text{ días}$$

Productividad de la retroexcavadora para 10 camiones

$$Q_{rex} = N_c \cdot Q_d$$



$$Q_{\text{rex}} = 10 \cdot 242$$

$$Q_{\text{rex}} = 2420 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{358\,900}{2420} = 148 \text{ días}$$

Cantidad de camiones que puede admitir una retroexcavadora

$$C_c = \frac{t_{cc} \cdot 60}{4}$$

$$C_c = \frac{1,5 \cdot 60}{4} = 23 \text{ camiones}$$

Productividad de la retroexcavadora para 21 camiones

$$Q_{\text{rex}} = N_c \cdot Q_d$$

$$Q_{\text{rex}} = 23 \cdot 262$$

$$Q_{\text{rex}} = 6026 \text{ t/día}$$

Tiempo de explotación

$$T_{\text{re}} = \frac{V_{\text{mineral}}}{Q_{d \text{ rex}}}$$

$$T_{\text{re}} = \frac{358\,900}{6026} = 60 \text{ días}$$

En la tabla 9 se muestra la relación entre el volumen de mineral cribado la cantidad de camiones a utilizar (5, 10 camiones) respectivamente y la relación entre cantidad de camiones que admite una retroexcavadora y el tiempo de explotación de cada área.

**Tabla 9.** Relación entre el volumen de mineral y el equipamiento a utilizar

Área	Volumen de mineral	Tiempo de explotación con 5 camiones (días)	Tiempo de explotación con 10 camiones (días)	Tiempo de explotación con la utilización de la máxima cantidad de camiones
1	20 942	12	6	4
2	51 314	31	16	9
3	69 630	44	22	12
4	0	0	0	0
5	302 875	187	93	52
6	26 091	17	9	5
7	280 829	214	107	47
8	75 448	58	21	10
9	49 464	38	14	7
10	233 117	165	83	41
11	357 926	254	127	63
12	498 590	381	190	91
13	238 902	135	85	40
14	404 713	309	154	74
15	409 479	338	169	74
16	262 741	186	93	47
17	12 187	9	4	2
18	0	0	0	0
19	297 676	227	91	54
20	292 474	194	97	48
21	401 530	332	166	72
22	173 211	143	72	30
23	104 355	86	43	18
24	288 096	220	110	52
25	358 900	297	148	60
Total	5 210 490	3877 (10,6 años)	1920 (5,3 años)	912 (2,5 años)



CAPÍTULO V: VALORACIÓN ECÓNOMICA

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. Para el cálculo del costo de producción, con la tecnología propuesta se tuvo en cuenta los elementos de gastos (salarios, amortización de equipos, gastos por concepto de combustible, mantenimiento y reparaciones) de los equipos mineros.

5.1 Gastos directos que se originan durante las labores de cribado

Tabla 10. Gastos por concepto de salarios G_s

Puesto de trabajo	Cantidad	Salario mensual (\$)	Tiempo de trabajo (meses)	Salario Total
Operador de criba	2	502,96	12	12 071,04
Chofer de camión	20	535,74	12	128 577,6
Operador de retroexcavadora	2	502,96	12	12 071,04
Total			12	152 719,68

Tabla 11. Gastos por concepto de depreciación de equipos G_d

Equipos	Valor inicial (USD)	Cantidad	Amortización anual (20%)
Criba	400 000	1	80 000
Camión articulado	542 555	10	1 085 110
Retroexcavadora	1 000 000	1	200 000
Total		7	1 365 110

Tabla 12. Gastos por concepto de consumo de combustible G_{com}

Equipos	Cantidad	Consumo (l/h)	Total de horas trabajadas al año	Precio (cuc/l)	Costo total (\$/l)
Criba	1	20	3650	1,2	87 600
Camión articulado	5	30	7884	1,2	1 419 120
Retroexcavadora	1	60	7884	1,2	567 648
Total					2 074 368

**Tabla 13.** Gastos por concepto de mantenimiento G_m

Equipos	Cantidad	Costo por hora (\$/h)	Total de horas trabajadas al año	Costo Total (\$/l)
Criba	1	50	3650	182 500
Camión articulado	5	50	7884	1 861 500
Retroexcavadora	1	75	7884	558 450
Total				2 602 450

Gastos directos generales

$$G_{dg} = G_s \text{ (salario)} + G_d \text{ (depreciación)} + G_{com} \text{ (combustible)} + G_m \text{ (mantenimiento)}$$

$$G_{dg} = 152\,719,68 + 1\,365\,110 + 2\,074\,368 + 2\,602\,450$$

$$G_{dg} = 6\,194\,647,68 \$$$

Gastos indirectos

$$G_{ind} = G_{dg} \cdot 0,06$$

$$G_{ind} = 6\,194\,647,68 \cdot 0,06$$

$$G_{ind} = 371\,678,86 \$$$

Gastos totales

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

$$G_{totales} = 6\,194\,647,68 + 371\,678,86$$

$$G_{totales} = 6\,566\,326,54 \$$$

Costo de producción por tonelada de mineral extraído

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

$$C_{prod} = \frac{6\,566\,326,54}{876\,000}$$

$$C_{prod} = 7,5 \$/t$$

Tabla 14. Gastos totales

Etapa	Salario	Depreciación de los equipos	Consumo de combustible	Mantenimiento	Costo de producción (\$/t)
Gasto total (\$)	152 719,68	1 365 110	2 074 368	2 602 450	7,5



Considerando que el contenido promedio del níquel en el mineral del fondo del yacimiento Camarioca Norte es 1.17 %, y que la eficiencia del proceso metalúrgico es 90 %, entonces la cantidad extraíble de este metal asciende aproximadamente a 54800 t. En el caso del cobalto el promedio es 0.126% y la cantidad de metal en las mismas condiciones asciende a 5900 t.

El precio de estos metales en la Bolsa de Metales de Londres (L. M. E) el día 25 de junio de 2014 es 18 280 USD para el Ni y 29 391.41 USD para el Co.

El valor económico de las reservas en los fondos del yacimiento Camarioca Norte considerando el precio de los metales es alrededor de 1170 millones de USD.



CONCLUSIONES

- Introduciendo una criba móvil para el cribado previo del mineral de los fondos se pueden recuperar más de 5 millones de toneladas de mineral limonítico que en la actualidad se reportan como pérdidas con valor que sobrepasa los 1000 millones de USD.
- Utilizando una retroexcavadora Liebherr 984 y 2 camiones articulados la criba logra una productividad de 3372 t/h y se requieren 4,2 años para cribar el mineral remanente en los fondos del yacimiento Camarioca Norte.
- Con la utilización de 10 camiones articulados para la transportación del mineral cribado del fondo del yacimiento Camarioca Norte el plazo de explotación se incrementa en 5,3 años.



RECOMENDACIONES

- Utilizar una máquina de cribado móvil en las operaciones mineras de las áreas activas de la empresa comandante Pedro Sotto Alba (Moa Nickel S.A), lo cual permitirá incrementar la recuperación del mineral mezclado con las rocas de gran tamaño en el fondo de cada área.
- Determinar la influencia de la eliminación de la llegada de rocas al sistema de alimentación de los trenes de la planta de pulpa.



BIBLIOGRAFÍA

- Olivares Suárez, Edulman: Factibilidad de utilización de una dragalina en los procesos mineros de la Empresa Comandante P.S.A. Dr.C. Polanco Almanza, Ramón, Ing. Ortiz Pelegrin, Domingo (tutores), Trabajo de Diploma, ISMM – Moa, 2013, 64 páginas.
- Pereda Hernández, Segundo; Polanco Almanza, Ramón. Et al. Transporte Minero. Ciudad de la Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1999.
- S.E. Andreiev, V.A. Perov, V.V. Zverievich; Trituración, desmenuzamiento y cribado de minerales. Ciudad de la Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1980.
- Vera Yeste Angel: Introducción a los yacimientos lateríticos cubanos. Editorial Orbe. La Habana 1979.
- www.construccion.sandvik.com
- www.sanduik.com

