

**REPUBLICA DE CUBA
MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO
“Dr. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ”
FACULTAD MINERO METALURGICO**

Dpto. DE MINERIA

Título: Disminución de la distancia de transportación mediante transporte por gravedad en la cantera Sierra de Cubita.



**TESIS PRESENTADA EN OPCION AL TITULO ACADEMICO DE ESPECIALISTA
EN EXPLOTACIÓN DE YACIMIENTO PARA MATERIALES DE LA
CONSTRUCCIÓN.**

AUTOR: Ing. Leticia Guerra Sardiñas.

TUTOR: Dr.C Santiago Bernal Hernández

**MOA
AÑO 2012**

Índice	2
Resumen	3
Introducción	4
Capítulo I- Estado de la temática en el mundo y en Cuba	6
CAPITULO 2. Caracterización y principales particularidades geológicas del yacimiento.	10
2.1.-Características geográficas y económicas de la región.	10
2.2.- Geológica del yacimiento.	10
2.3 Características hidrogeología de la zona y el yacimiento	12
2.4 Propiedades físico –mecánicas del yacimiento	12
CAPITULO 3 Utilización del transporte gravitacional por gravedad para disminuir la distancia de transportación del transporte automotor.	15
3.1 Determinar los parámetros constructivos de la trinchera.	15
3.2 Diseñar esquema de la realización de los trabajos.	17
3.3 Determinar el ahorro de combustible	20
Conclusiones y Recomendaciones	22
Bibliografía	23
Anexo Grafico	24

RESUMEN

El ahorro de portadores energético es una tarea imprescindible en nuestro labor por lo que se hace necesario tener bien establecidos los índices de consumo para su racional consumo, la explotación de nuestro yacimiento se está encareciendo con la extracción de la materia prima, debido a que se ha ido agotando las reservas en los horizontes inferiores por la extracción de todos los años anteriores, lo que ha empezado la extracción de los horizontes superiores donde el gasto de combustible aumenta.

El presente trabajo tiene con objetivo la construcción de una trinchera de descarga de material para poder explotar los horizontes superiores que están inactivos por un período de tiempo prolongado.

Este proyecto trae consigo disminuir el gasto de combustible en la extracción de la materia prima de la cantera hacia la planta trituradora.

.

SUMMARY

The energy saving of payees is an indispensable task in our work for what becomes necessary to have very established the consumption indexes for its rational consumption, the exploitation of our location is rising in price with the extraction of the raw material, because he/she has left draining the reservations in the inferior horizons for the extraction of every previous year, what the extraction of the superior horizons has begun where the expense of fuel increases.

The present work has with objective the construction of a trench of material discharge to be able to exploit the superior horizons that are inactive for a period of lingering time.

This project brings I am able to diminish the expense of fuel in the extraction of the raw material of the quarry toward the plant breaker.

INTRODUCCIÓN

La Empresa de Materiales de Construcción tiene como objeto la producción de materiales de construcción, los cuales se obtienen de la explotación de los yacimientos a cielo abierto, cuya explotación está regida por la Ley № 76 de Minas, da el derecho minero de ser concesionario para explotar los yacimientos, se tiene la obligación de cumplir con:

- Utilización de métodos racionales en su uso.
- Protección de instalaciones
- Preservación del medio ambiente.

La alta demanda de materiales de construcción en Cuba exige de una explotación cada vez mayor de áridos a todo lo largo y ancho del país, la cual debe ejecutarse dentro del marco del desarrollo sustentable, compromiso asumido en la Agenda 21, aprobada en la Cumbre de la Tierra en el año 1992. El desarrollo de nuevos equipos de laboreo minero y de instalaciones de preparación de áridos, unido a las restricciones ambientales actuales, obliga a utilizar métodos de explotación que ayuden a reducir los costos de producción, provoquen el menor impacto ambiental posible en el entorno donde se localizan las canteras, de manera que la industria de materiales de construcción sea económicamente viable.

El yacimiento Sierra de Cubita posee 5 horizontes de trabajo, desde la cota +160 hasta la + 235. Los frentes de arranque de los bancos de extracción de los niveles superiores con alturas desde +205 ha la +235 se van alejando del punto de descarga, con el consiguiente aumento de la distancia de transportación hasta 3km, lo que no aconseja la explotación del transporte automotor; lo que unido al déficit de combustible existente en el país, y a que las reservas de mineral que se tiene en esos horizontes por las razones antes expuestas no se explotan, trae aparejado la imposibilidad de la explotación de los horizontes inferiores.

El yacimiento está formado geológicamente por una secuencia de rocas carbonatadas cuyas rocas predominantes son las calizas polimórficas y dolomitas muy recrystalizadas.

La explotación que se realiza es de montaña o sea por escalones con una potencia de 15 m con el empleo de la técnica de perforación y voladura de bancos

El área del yacimiento y la instalación están demarcadas topográficamente según lo establece el Reglamento de la Ley de Minas.

Antecedente problemático

La alta demanda de áridos que tiene la industria de materiales en esta zona, el gran avance que han tenido los frentes de trabajo producto de la explotación de los horizontes inferiores, creando un frente de trabajo con una gran pendiente, con reservas muy limitadas para explotar de forma segura en estos horizontes, la imposibilidad de adquirir camiones de mayor tonelaje que permitan aumentar la distancia económica de aplicación del transporte automotor, por la situación financiera que atraviesa el país conducen a que el problema de investigación sea: la necesidad de disminuir la distancia de transportación del transporte automotor

Hipótesis

Si construimos una trinchera gravitacional inclinada, con una descarga en el horizonte +205, la recepción del material en el +145, con un ángulo inclinación de 80°, logramos a los rangos en que es económicamente explotar el transporte automotor.

Objetivo general

Disminuir la distancia de transportación en el transporte automotor a los rangos en que sea económica la explotación del transporte automotor, mediante la utilización del transporte por gravedad.

Objetivos específicos

1. Determinar los parámetros constructivos de la trinchera.
2. Diseñar esquema de la realización de los trabajos.
3. Determinar el ahorro de combustible por la disminución de la distancia de transportación del transporte automotor.

CAPITULO 1. ESTADO DE LA TEMATICA EN EL MUNDO Y EN CUBA

En la Tesis en la opción al título de Doctor en Minas Aduvirre (1990), aplica un modelo que permite calcular la evolución de la rentabilidad económica de un equipo basado en el estudio de la variación de las horas de paradas e incrementos de los costos. El autor considera que el mantenimiento tiene gran importancia por el volumen de capital invertido en maquinaria y su influencia sobre los costos de explotación, por ello, el interés en desarrollar una teoría general del mantenimiento en la mina, con el propósito de implementar el mantenimiento predicativo como una actividad complementaria de conservación de equipos. Además, plantea que una conveniente formulación del proceso de reposición de una máquina minera juega un papel económico muy importante en la rentabilidad de la explotación minera a cielo abierto y que a menudo se buscan soluciones parciales a este problema mediante modelos de programación lineal y métodos estadísticos basados en la maximización de beneficios o la minimización de costos. El autor no hace referencia a la disminución de la distancia de transportación del transporte automotor, mediante la utilización del transporte por gravedad en las canteras.

Maxera (2002) "Aplicación de la simulación para la optimización del acarreo de mineral " Diseña un modelo para la optimización del conjunto excavadora – camión rígido que toma como referencia entre las variables fundamentales la calidad y aspectos de diseño de los camiones mineros y su incidencia en el costo, es útil para la investigación el cálculo del factor de llenado para diferentes capacidades de las excavadora y camiones así como los ciclos de trabajo. No evalúa disminución de la distancia de transportación del transporte automotor, mediante la utilización del transporte por gravedad

Cisnero 2003. Como miembro de la Asociación de Ingenieros de Mina de Ecuador, presenta en un artículo acerca del Diseño de Explotación a Cielo Abierto, el cual incluye todos los factores que inciden en la selección del método de explotación y de los equipos mineros, teniendo en cuenta además la eficiencia en la explotación, la productividad, la evaluación de los parámetros de diseño de los equipos y su diseño tecnológico con el concepto de mayor producción y menor costo, aunque no evalúa

la disminución de la distancia de transportación del transporte automotor, mediante la utilización del transporte por gravedad

Ortiz. et al, (2002) En los criterios específicos de rendimiento cita (capacidad de producción, fuerzas de excavación o arranque, tiempos de ciclo, alturas, velocidades, de diseño (potencia total, vida en servicio, robustez, configuración, facilidad de mantenimiento y reparaciones, niveles de ruido, fuentes de energía), de servicio (maquinaria auxiliar requerida, frecuencia de servicio, repuestos necesarios, herramientas requeridas, adiestramiento del personal, económicos (costos de propiedad, de operación, de amortización, de arrendamiento). En la metodología no tiene en cuenta la disminución de la distancia de transportación del transporte automotor, mediante la utilización del transporte por gravedad en las canteras.

Juan Herrera Herbert (2006), entre los aspectos principales permite conocer y comprender el concepto de método minero en toda su extensión y distinguir los distintos tipos existentes, el concepto de sistema operativo minero o sistema minero, el origen y la finalidad de la clasificación de los distintos sistemas, la utilidad de las diferentes clasificaciones en que se pueden estructurar los yacimientos minerales. El autor no relaciona en la metodología de cálculo de los equipos en los diferentes sistemas de explotación la disminución de la distancia de transportación del transporte automotor, mediante la utilización del transporte por gravedad.

Cisneros José, Año 2003. En su tesis muestra una metodología para la selección de equipos mineros, parte de las condiciones geomecánicas del macizo hasta la eficiencia en la operación de los equipos, pero en ella no se describe una disminución de la distancia de transportación del transporte automotor , mediante la utilización del transporte por gravedad..

El Manual de Áridos [*D. Jimeno Carlos López Año******] recoge a través de sus capítulos una amplia temática, desde la investigación y explotación de los yacimientos, pasando por los equipos de tratamiento para la fabricación de los productos que se demandan, las diferentes aplicaciones, hasta la adopción de medidas correctoras y preventivas de protección del medio ambiente. Pero no se

detalla una disminución de la distancia de transportación del transporte automotor , mediante la utilización del transporte por gravedad.

El Manual de Laboreo I [D. Plá Ortiz, Fernando, D. Herrera Herbert, Juan. Año 2002], muestra una de la metodología más completas para la selección y explotación de equipamiento minero, pero no se considera en ésta, una disminución de la distancia de transportación del transporte automotor, *mediante la utilización* del transporte por gravedad.

Ortiz. et al, (2002). Diseña una metodología donde plantea que los criterios de selección de equipos mineros deben ser básicos y específicos. Entre los criterios básicos cita: condiciones del entorno en las que se van a desarrollar las operaciones, características del depósito mineral, mineralización, Hidrología e hidrogeología, propiedades físicas químicas de los materiales, parámetros de la explotación. En los criterios específicos cita: de rendimiento (capacidad de producción, fuerzas de excavación o arranque, tiempos de ciclo, alturas, velocidades, de diseño (potencia total, vida en servicio, robustez, configuración, facilidad de mantenimiento y reparaciones, niveles de ruido, fuentes de energía), de servicio (maquinaria auxiliar requerida, frecuencia de servicio, repuestos necesarios, herramientas requeridas, adiestramiento del personal, económicos (costos de propiedad, de operación, de amortización, de arrendamiento), disminución de la distancia de transportación del transporte automotor,

En edición de la revista “Inteligencia y Tecnología en Minería” el Analista de Noticias – InfoMine, 2010, informa que en Perú se acaba de realizar el primer programa LEAP (Programa de Análisis de Expectativa de Vida) dirigido a las empresas del sector minero, con el cuál se podrá extender la vida útil de sus máquinas eléctricas alcanzando la rentabilidad de la inversión esperada. Con este programa se permitirá una gestión efectiva del mantenimiento preventivo de maquinarias, ya sean motores o generadores, permitirá reducir al mínimo los tiempos inoperativos, como bajos niveles de riesgo; un ahorro en el costo de mantenimiento de las máquinas eléctricas rotativas, extiende la vida útil de las maquinarias y permite, finalmente, una mayor productividad y eficiencia en sus operaciones. En esta edición no se refiere como

disminución de la distancia de transportación del transporte automotor, mediante la utilización del transporte por gravedad

El conocimiento del profesor Dr Santiago Bernal Hernández, en sus conferencias de aplicación del transporte minero, para poder optimizar la explotación del transporte automotor.

En nuestro país prácticamente todas las canteras operan con el diseño adecuado para su explotación, pero la falta de equipamiento minero hace que estas canteras presenten problemas con los parámetros de diseño; tales como: Dimensiones de los bancos (altura, longitud, ancho y ángulo del talud), dimensiones de los frentes de arranque, dimensiones del área explotable, diseño de los accesos y vías de comunicación; así como no existe una estrategia de explotación que permita alcanzar volúmenes crecientes de producción, al menor costo.

En la generalidad de los casos en las canteras que cuentan con el diseño, los parámetros de explotación varían indiscriminadamente pudiéndose así encontrar en una misma cantera; en lugar de uno o dos frentes desarrollados varios pequeños frentes en un mismo horizonte de explotación con alturas de bancos diferentes ; alturas de bancos extremadamente altos, con ángulos de talud casi verticales; deficiente distribución de los frentes ; con la ubicación de los accesos que no responde a la futura estrategia de desarrollo y otras, todo lo cual denota una insuficiente argumentación técnica de la estrategia de explotación.

La ubicación de las escombreras presentan las mismas deficiencias, ubicándose en ocasiones sobre partes del yacimiento, con lo cual se eleva la dificultad para lograr el aprovechamiento integral del recurso, así como alcanzar un rápido incremento de la productividad con un bajo costo.

Otro aspecto que incide en la falta de diseño o en su insuficiente fundamentación técnica es que muchas canteras no cuentan con el personal técnico calificado para enfrentar estas tareas.

La insuficiencia técnica, que limita la segura explotación de los yacimientos de materiales de construcción, puede afectar significativamente la productividad de las canteras y aumenta los riesgos de accidentes.

Los principales problemas de seguridad que se presentan son:

- En los taludes altos de los frentes de trabajo existe la probabilidad de desprendimientos de rocas.
- La generación de polvo en los trabajos de perforación afecta la salud de los perforadores y otros trabajadores.
- El polvo también puede afectar la visibilidad en los caminos, lo que ha influido en accidentes de trabajo.
- Los trabajadores no siempre emplean medios de seguridad.
- Generalmente no existen planes para enfrentar situaciones de emergencia, tales como accidentes de tránsito en la cantera, fallo de taludes, etc.
- Se manifiesta frecuentemente una insuficiente planificación y medidas de seguridad en los trabajos de voladuras.
- En ocasiones son empleados métodos de explotación inadecuados, con procedimientos de trabajo que en ocasiones son potencialmente peligrosos (por ejemplo el descalce de taludes).
- Frecuentemente nos encontramos con bermas mal dimensionadas o mal ubicadas.
- Uso inadecuado de equipos mineros.
- No son cerrados ni aislados los lugares peligrosos.
- Insuficiente señalización de advertencia de accesos y caminos peligrosos.

Las canteras generalmente impactan negativamente la atmósfera, las aguas superficiales y/o subterráneas, el suelo, la vegetación, la fauna, el paisaje y a la poblaciones cercanas, en dependencia de la ubicación geográfica de la mismas, la

tecnología empleada durante su explotación, así como de la existencia de proyectos, en los cuales se prevea la minimización o mitigación de los impactos negativos.

En la práctica común durante la explotación de nuestras canteras, no se prevé en la mayoría de los casos medidas para la minimización de los impactos negativos que se producen durante la explotación y en otros casos no se cuenta con los fondos requeridos para ello, por lo que incluso existen casos en que no se ejecutan ningún tipo de trabajos de rehabilitación.

En la mayoría de los casos vistos existe una ausencia total de los planes de cierre, por lo que, cuando se agota el recurso o es irrentable la explotación, se procede al abandono de la cantera, dejando una carga de impactos negativos considerables.

Las escombreras constituyen depósitos de las rocas no condicionadas para la producción, las cuales generalmente son suelos o rocas de la cubierta que una vez arrancadas son trasladadas a lugares que no dificultes la extracción de los recursos en explotación. Sin embargo en la práctica encontramos que estas se realizan sin un diseño previo, se ubican en laderas en las cuales además de constituir un fuerte impacto visual al paisaje, representan una fuente de contaminación con polvos a la atmósfera y con sólidos a los arroyos o ríos, también constituyen un peligro potencial por movimiento de masas en laderas cuando no están correctamente desarrolladas, ya que en periodos de intensas lluvias pueden producirse deslaves potencialmente peligrosos.

Conclusiones del capítulo.

Del análisis anterior podemos concluir que ninguno de los autores extranjeros y nacionales ha considerado, la disminución de la distancia de transportación del transporte automotor, mediante la utilización del transporte por gravedad.

CAPITULO 2. CARACTERIZACIÓN Y PRINCIPALES PARTICULARIDADES GEOLOGICA DEL YACIMIENTO

2.1 CONSTITUCION GEOLOGICA DEL YACIMIENTO

2.1.1 Característica geológica de la región.

El yacimiento estudiado se ubica dentro de la Sierra de Cubitas, región de la cual toma su nombre.

La Sierra de Cubitas está formada por una potente secuencia de rocas carbonatada con una estructura alpina muy compleja subdividida en al menos cuatro unidades de Nappes escamados que dislocan todas las secuencias del Grupo Remedios.

Hacia el Sur el Grupo de Remedios contacta a través de una falla regional (Falla Cubitas) con las ofiolitas del cretácico.

Por todo ello no se puede describir la geología regional sin incluir el Grupo Remedio, dentro del cual se incluye las calizas y dolomitas del cretácico superior (Formación Remedio). Su sección característica se compone de evaporitas y dolomitas (Brechas Punta Alegre) de edad aún por definir las cuales yacen cubiertas por más de 2000 m de calizas, calciruditas, y dolomitas de edad Albina a Maestrichiano (Grupo Remedio), el ancho de los afloramiento en Camagüey es de aproximadamente 17 km.

Estas rocas aparecen subdivididas en al menos cuatro unidades de Nappes escamados cuyas secuencias son muy semejantes, indicando que la anchura inicial de la zona es mucho mayor, el grupo yace parcialmente sobre la Zona de Cayo Coco lo que le confiere un carácter parautoctono. Su basamento según los datos geofísicos yace a los 14 km de profundidad y según Furrázola y otros (1964) es de carácter continental.

La variedad de rocas en el Grupo Remedio en Sierra de Cubitas es muy grande, según las determinadas de G. Chatalov (1980), se determinan los siguientes tipos de calizas y dolomitas:

- Calizas detríticas con cemento esparítico.
- Calizas detríticas con matriz micrítica.
- Calizas micríticas con detritos.
- Calizas recrystalizadas.

- Calizas biogénicas.
- Dolomitas detríticas.
- Dolomieritas.

En el grupo está presente en mayor o menor grado la dolomitización masiva y la dolomitización por grieta o lineal, la relación mutua entre los tipos de litológicos antes descritos son multivalentes tanto de transición vertical como lateral o por interdigitación o interestratificación.

2.1.2 Geología del yacimiento.

Está formado por una secuencia de rocas carbonatadas que varían desde las calizas politoformicas hasta dolomitas muy recrystalizadas, las rocas predominantes en el yacimiento son las calizas de variados tipos pero en mayor grado politoformicas, organógenas y pseudolíticas estratificadas con colores blancos–grisaseos y con dolomitización parcial tanto por grieta como de forma masiva, estas rocas prácticamente se encuentran en todo el yacimiento, expresándose hacia el Sur.

Las rocas con mayor dolomitización, (calizas dolomíticas, dolomitas calcáreas y dolomitas) se presentan en el yacimiento con menor expresión y adquieren su mayor desarrollo hacia el límite norte del yacimiento en el que ocupa una franja de relativamente gran potencia y en forma concordante con la dirección general de los estratos.

La cubierta del yacimiento, así como el carso relleno está formado como regla por arcillas lateríticas de color rojo con fragmentos alterados de todas las litología presente en el yacimiento y a menudo con presencia de perdigones de hierro, los cuales ocasionalmente llegan a predominar sobre los fragmentos de calizas y dolomitas. Generalmente en el yacimiento este carso tiene asociación con los planos de estratificación o con lineaciones de ruptura tectónica las cuales poseen un amplio desarrollo en el mismo.

2.1.3 Características geográficas y económicas de la región.

El yacimiento de calizas y dolomitas Sierra de Cubitas está situado en el municipio de igual nombre, provincia de Camagüey a unos 33 km al noreste de la Ciudad de Camagüey y a unos 2 km al sureste del poblado de Lesca.

El área de la concesión minera es de 76.25 ha, las coordenadas de los vértices en el sistema Cuba Norte son las siguientes:

VERTICE	NORTE	ESTE
1	200 700	828 900
2	200 700	828 500
3	200 400	828 500
4	200 400	828 665
5	200 492	828 524
1	200 700	828 900

Los límites del yacimiento se enmarcan dentro de las coordenadas de Lambert:

X 828700 – 829500

Y 201400 – 202100

Las coordenadas geográficas para el centro aproximado del área son:

X 21° 36' 31"

Y 77° 49' 37"

2.3 Características hidrogeología de la zona y el yacimiento

La corriente superficial más importante para la zona del yacimiento es el río Máximo el cual corre en dirección NE a unos 20 km al este del yacimiento, cortando a su paso la Sierra de Cubitas.

Por ser un yacimiento de montaña no existe problema con las aguas tanto superficiales y como subterráneas.

El abasto de agua para el consumo industrial está garantizado por pozos con turbinas sumergible al sur del yacimiento.

2.4 Propiedades físico –mecánicas del yacimiento

El mineral útil en el yacimiento, incluye a dos grupos más o menos definidos de acuerdo al predominio relativo de los componentes calcitas por un lado y dolomitas por otro.

El primer grupo forma las litologías predominantes de calizas de varios tipos (Grupo A), el segundo grupo es las dolomitas y calizas dolomitizadas (Grupo B).

Para el Grupo A las principales propiedades son:

1. El peso volumétrico seco oscila entre $2.25 - 2.59 \text{ g / cm}^3$, con un valor medio de 2.41 g / cm^3 .
2. El peso volumétrico saturado se ubica entre $2.31 - 2.63 \text{ g / cm}^3$, con valor medio de 2.48 g / cm^3 .
3. La absorción se ubica entre $1.14 - 6.55 \%$, con valor medio 4.07% .
4. La dureza es alta se ubica según la escala de perforabilidad entre IV – VI, con valor medio de V.
5. La marca de la piedra triturada oscila entre 400 – 1000, con valor más probable de 600.

Para el Grupo B las principales propiedades son:

1. El peso volumétrico seco oscila entre $2.25 - 2.54 \text{ g / cm}^3$, con un valor medio de 2.45 g / cm^3 .
2. El peso volumétrico saturado se ubica entre $2.38 - 2.63 \text{ g / cm}^3$, con valor medio de 2.51 g / cm^3 .
3. La absorción se ubica entre $1.44 - 5.14 \%$, con valor medio 2.76% .
4. La dureza es alta se ubica según la escala de perforabilidad entre V - VIII, con valor medio de VI.
5. La marca de la piedra triturada oscila entre 400 – 1200, con valor más probable de 800.

2.3- Investigaciones tecnológicas realizadas.

Las investigaciones tecnológicas realizadas están apoyadas en la producción continua de más de 30 años de explotación, donde las diferentes granulometrías de la producción de árido obtenida se han utilizado en la fabricación de hormigones asfálticos y hormigones pesados, en la construcción, como rajón para presas. Como elemento nocivo en este tipo de material útil es el Fe_2O_3 , pero que se comporta con un valor menor de 1.0.

2.4.-Condiciones de las reservas de los recursos.

En el estudio de Exploración de Explotación se realizó por el método de los bloques geológicos el cálculo de las reservas

Tabla No 2

Categoría de Recursos	Volumen (m^3)
Medidos Bloque 1B	3 711451.15
Indicados Bloque 2C ₁	2 441970.00

2.5.- Características cualitativas de los minerales.

La composición química de la materia prima útil se comporta entre los siguientes rangos:

$\text{SO}_3 = (0.11 - 0.90) \%$	$\text{MgO} = (1 - 30) \%$	$\text{K}_2\text{O} = (0 - 0.7) \%$
$\text{Al}_2\text{O}_3 = (0 - 0.47) \%$	$\text{CaO} = (0 - 55.8) \%$	$\text{TiO}_2 = (0 - 0.11) \%$
$\text{Na}_2\text{O} = (0 - 0.42) \%$	$\text{Na}_2\text{O} = (0 - 0.42) \%$	$\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2 = (5 - 95) \%$
$\text{Fe}_2\text{O}_3 = (0.02 - 0.30) \%$	$\text{CaCO}_3 = (0 - 100) \%$	

La planta de trituración tiene una capacidad disponible de 600.0 Mm³, además presenta un equipos de nueva tecnología (hidrociclón y un molino para la trituración secundaria), como objetivo único la producción de áridos para abastecer las diferentes construcciones de la provincias.

La capacidad de procesamiento de la planta española está determinada por el molino primario que tiene una capacidad de diseño de 70 m³/h, con el siguiente régimen de trabajo:

- Capacidad 70 m³/h
- Turnos diarios: 1
- Duración del turno: 13 h
- Días calendarios: 365

Se excluyen:

- 9 días feriados
- 10 días de mantenimiento
- 15 días de reparación

Días efectivos: 280

Aprovechamiento medio obtenido: 89 %

$70 \text{ m}^3/\text{h} \times 13 \text{ h/día} \times 280 \text{ días/año} \times 89 \% = 226.772 \text{ Mm}^3/\text{año}$

La cantera cuenta con un equipamiento para cargue y transportación de la materia prima de:

- 1 Excavadora EKG de 4.6 m³.
- 1 Cargador frontal para la cantera de 4 m³
- 3 Camiones fuera de caminos Belaz de 17 m³
- 2 Buldócer

El yacimiento presenta 5 horizontes de trabajo de ellos están inactivo 2 debido a la distancia de transportación que oscila entre 2.5 – 1.5 km.

La productividad anual de la cantera, en dependencia de la capacidad de la planta de beneficio es:

$$P_c = (Q_p * 1.36) / K_e ; m^3.$$

Donde

Qp: Volumen de producción anual.

$$Q_p = Mm^3.$$

Ke: Coeficiente de esponjamiento.

$$K_e = 1.5.$$

Productividad	UM	Volumen
Productividad anual	Mm ³	226.772
Productividad Mensual	Mm ³	18.898
Productividad Diaria	Mm ³	0.787



CAPITULO 3. DETERMINACIÓN DE LOS PARAMETROS DEL TRANSPORTE POR GRAVEDAD PARA DISMINUIR LA DISTANCIA DE TRANSPORTACIÓN

INTRODUCCIÓN

En nuestro trabajo pretendemos llevar a cabo el diseño de un transporte gravitacional por trinchera con recepción del material en su parte inferior mediante pilas, con el objetivo de disminuir al doble el traslado de la materia prima desde los horizontes superiores más distante de la cantera hasta la planta de trituración, lo que trae consigo el aumento de los consumos de los recursos asignados para la explotación del yacimiento.

La utilización del transporte gravitacional posee las siguientes ventajas:

Disminuye la distancia de tiro del material a transportar en 2-2,5 veces como promedio.

- Disminuye los gastos en los trabajos mineros capitales.
- Bajos gastos en la explotación.

Condiciones para la utilización del transporte gravitacional por trincheras:

- Ángulo del talud de la ladera de la loma mayor de 40 – 50°.
- Diferencia de cotas entre la plataforma superior de descarga y la plataforma inferior hasta 300 m.

En nuestro caso las condiciones naturales de nuestro yacimiento cumplen con las especificaciones de este método.

La utilización del transporte gravitacional, con los parámetros antes señalados, nos permite obtener las siguientes ventajas:

- Disminución de la distancia de transportación en más del 50%, por lo que por ende se disminuye en igual proporción el consumo de combustible.

- Disminución de los gases expedidos por los camiones de volteo (CO_2) en más de un 60%
- Disminución del peligro que conlleva la transportación en tales condiciones de montaña, al no tener que realizar la transportación por pendientes del 12% o aún más en algunos casos.
- Disminución de los gastos de mantenimiento de los camiones de volteo en más de un 40%, según las condiciones del terreno.
- Mayor autotrituración de las rocas por el efecto en caída libre.

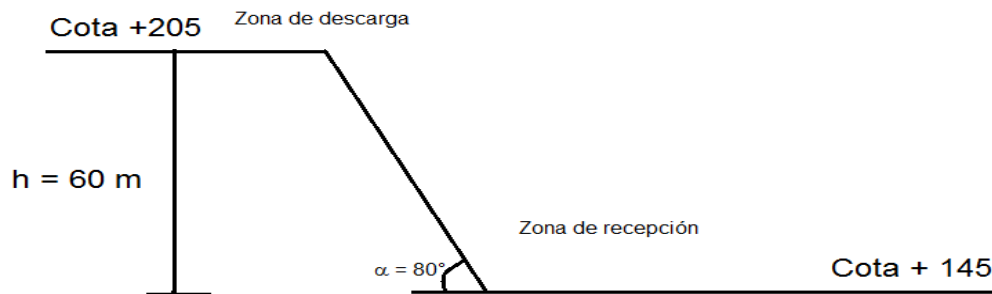


Fig.1. Esquema del transporte por gravedad

Nuestro yacimiento es de montaña su explotación va de forma ascendente, en el periodo especial la explotación de los frentes de trabajo se concentró en los horizontes inferiores provocando que el volumen de reservas lista que se encuentran en los mismos prácticamente estén al agotando, es imprescindible que las plataformas de trabajo cumplan con los parámetro técnico , lo que se hace necesario la explotación de los horizontes superiores, la distancia de transportación ha aumentado como mínimo a 3 km, el desarrollo de los frente va en alejamiento, lo que provoca que el costo de transportación se encuentre muy por encima del a valor económicamente racional, es por ello que para resolver esta situación nos proponemos resolver los problemas siguientes:

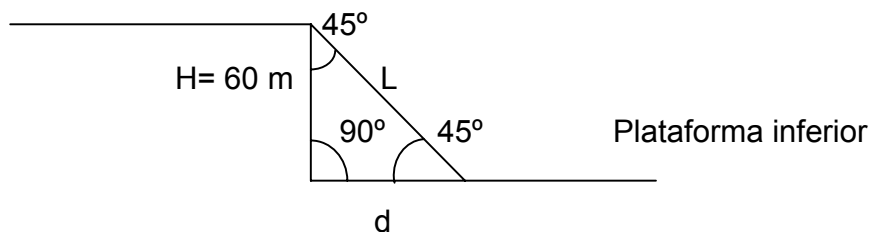
1. Determinar los parámetros constructivos de la trinchera.
2. Diseñar esquema de la realización de los trabajos.
3. Determinar el ahorro de combustible por la disminución de la distancia de transportación del transporte automotor.

2.2 Cálculo de los parámetros del transporte gravitacional para disminuir la distancia de transportación.

En la metodología tradicional se calcula la siguiente forma:

Esta variante nos permitiría una disminución de la distancia de transportación.

Plataforma Superior



Por lo que:

$$\tan \gamma = (d / 60)$$

$$d = \tan \gamma * 60$$

$$d = 60 \text{ m}$$

$$L^2 = d^2 + H^2$$

$$L = \sqrt{d^2 + H^2}$$

$$L = 84.8 \text{ m}$$

Cálculo del ancho de la trinchera por su parte rodante

$$b = 3 * D_{\text{máx}}$$

Dónde:

$D_{\text{máx}}$ - dimensión máxima del pedazo de la granulometría condicionada a su transportación. (Para nuestro caso 1 m)

$$b = 3 * 1$$

$$b = 3 \text{ m}$$

Cálculo del área de la base.

$$S = \frac{3 * V_{des}}{H_{des}}, m^2$$

Dónde:

V_{des} -volumen del depósito (hasta 10 m), m^3

H_{des} -altura del depósito, m

$$V_{des} = P_{día} (3-7); m^3$$

Dónde:

$P_{día}$ -productividad diaria de la cantera:

La productividad de la planta se determinó por:

$$P_c = \frac{P}{K_1 K_2} \quad m^3/año.$$

K_1 - Coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas de mineral útil durante la transportación de la cantera hasta la planta. $K_1 = 0.995$.

K_2 - Coeficiente que tiene en cuenta las pérdidas durante la voladura. $K_2 = 0.995$.

$$P_c = 485\,472 / 0.995 \times 0.995 = 490\,375 \quad m^3$$

Productividad mensual.

$$P_m = P_c / 12 = 490\,375 / 12 = 40\,865 \quad m^3$$

Productividad diaria.

$$P_d = \frac{P_c}{\#días \text{ año}}; m^3 = \frac{207\,887}{280} = 1751 \quad m^3.$$

$$V_{des} = 1751 * 3$$

$$V_{des} = 5253 \quad m^3.$$

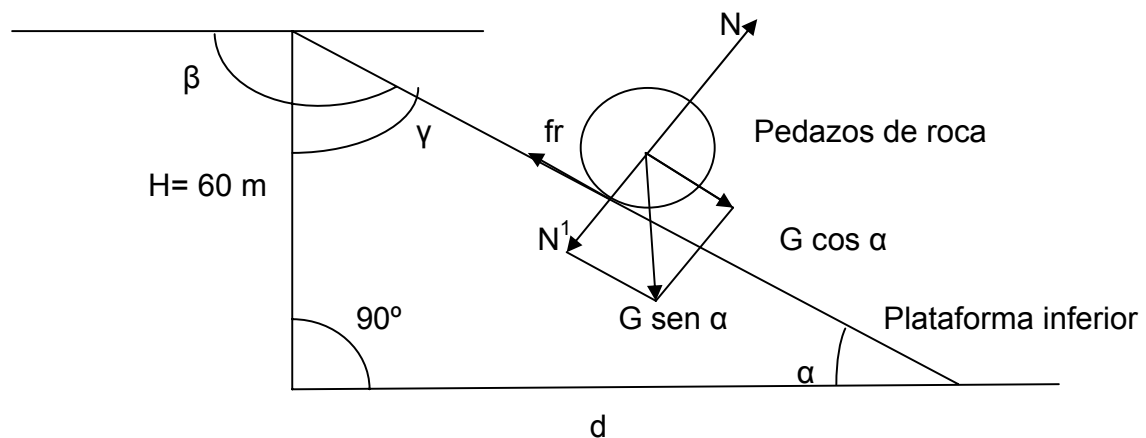
$$S = \frac{3 * 5253}{10}$$

$$S = 1575.9 \text{ m}^2.$$

En el proceso de caída libre según la vertical, la energía potencial que se transforma en cinética al aumentar, incrementa la energía de choque entre los pedazos, aumentando la autotrituración de los fragmentos, lo que indudablemente da un beneficio económico en el proceso de trituración, pero no es el beneficio que necesitamos para hacer rentable la explotación.

Para disminuir la distancia de transportación utilizando el transporte por gravedad y utilizando un modelo matemático nos planteamos la metodología:

Plataforma Superior



En esta variante se definen las variables, asumimos que la masa unitaria del pedruzco de roca es de 1 m^3 , es la dimensión máxima de los pedruzcos de rocas en la boca del molino, una condicionante para que la partícula se transporte por la acción de la fuerza de gravedad:

$$G \cos \alpha > fr \quad (1)$$

$$fr = k * \tan \alpha$$

$$fr = 2.63 * \tan \alpha$$

dónde:

k: Coeficiente de fricción entre la partícula y la superficie del fondo de la trinchera inclinada (tabulado) $k = 2.63$

$$G = m \cdot g$$

m: masa de la partícula que asumimos que es de 1m^3 .

Sustituyendo:

$$G = g \quad G = 9.81 \text{ N}$$

Sustituyendo en la fórmula 1 tenemos:

$$9.81 \cos \alpha > k \tan \alpha$$

$$9.81 / k > \tan \alpha / \cos \alpha$$

Para $\alpha = 30^\circ$

Sustituyendo:

$$9.81 / 2.63 > \tan 30^\circ / \cos 30^\circ$$

$$3.73 > 0.67$$

Por lo que 30° es el ángulo crítico

. Planteamiento del problema matemático y obtención del modelo matemático se trata de encontrar el valor de α que nos permite que la distancia de transportación por transporte automotor se encuentre dentro del rango económico; porque se trata de minimizar la distancia, a la vez que permita que el transporte por gravedad se desarrolle.

Definir la nueva variable que permitan relacionar α con d:

$$\beta = 90^\circ + \gamma$$

$$\gamma = 90^\circ - \alpha$$

Sustituyendo:

$$\beta = 90^\circ + 90^\circ - \alpha$$

$$\beta = 180^\circ - \alpha \quad (2)$$

La función objetivo sería relacionar a β con d.

$$\tan \alpha = (60 / d)$$

$$d = 60 / \tan 30^\circ$$

$$d = 103.45 \text{ m}$$

r: distancia que existe entre la tolva primaria de molino y la tolva de cargue del transporte por gravedad.

dmax: distancia racional del transporte automotor (1.5 km)

$$d \leq d_{\max} - r,$$

$$r \approx 1.5 - d \quad (6)$$

$$r \approx 1.5 - 0.103$$

$$r \approx 1.379 \text{ km}$$

La distancia de transportación por este modelo disminuye en 103.45 m.

Conclusiones parciales:

El modelo matemático del método del cálculo de los parámetros del transporte por gravedad considerando la disminución de la distancia a vencer por el transporte automotor es muy superior al método tradicional, ya que permite reducir la distancia de transportación de 85 m a 103.45 m

3.2 Diseñar esquema de la realización de los trabajos.

La recepción de la materia prima

Esquema de construcción del transporte gravitacional



En el diseño de la plataforma superior se acondicionará la descarga con todos los parámetros de seguridad, se construirán las guías en los bordes exteriores para orientar las rocas y su destino,

La utilización del transporte gravitacional en nuestras canteras, con los parámetros antes señalados, nos permite obtener las siguientes ventajas:

- Disminución de la distancia de transportación en más del 50%, por lo que por ende se disminuye en igual proporción el consumo de combustible.
- Disminución de los gases expedidos por los camiones de volteo (CO_2) en más de un 60% .
- Disminución del peligro que conlleva la transportación en tales condiciones de montaña, al no tener que realizar la transportación por pendientes del 12% o aún más en algunos casos.
- Disminución de los gastos de mantenimiento de los camiones de volteo en más de un 40%, según las condiciones del terreno.

Foto 1 Acceso principal del yacimiento Sierra de Cubitas



Foto 2 Vista general del yacimiento Sierra de Cubitas



Foto 3 Zona de descarga del transporte gravitacional



Foto 4 Zona de carga y acceso principal del transporte gravitacional



Foto 5 Area de deposito



3.3 Determinación del ahorro de combustible

En nuestro caso todavía no se ha realizado la construcción del transporte gravitacional, pero se realizó una prueba con los equipos de carga para tener un análisis del consumo de combustible, tomaron los datos los consumos actuales de combustible, se monitoreo la distancia de transportación del transporte automotor en los diferentes horizontes de trabajo y hasta la entrada del acceso principal del cargue en el transporte gravitacional.

Se tiene establecido por los estudios realizados para la prueba del litro que:

Índice de Consumo: • 1.88 lt / Km.

Tabla 1 Resultado del análisis del transporte automotor.

E Q U I P O S	HORIZONTES	Actual			HORIZONTES	Hasta la entrada del acceso principal de cargue		
		Índice de con su mos (lt / Km)	Dist. de re corr (km)	Consumo de Comb. (lt)		Índice de con su mos (lt / Km)	Dist. de re corr ido (km)	Consumo de Comb. (lt)
C A M I Ó N 5 4 0	160	1.88	3	5.6	145	1.88	1	1.88
	175	1.88	4.2	7.8				
	190	1.88	5.0	9.4				
	205	1.88	5.6	10,5				
	220	1.88	6.4	12				

Como se puede apreciar en los resultados obtenidos, después de construida la trinchera se ahorra el 50 % del combustible utilizado para la transportación y evitamos que los camiones circulen por la pendiente abrupta que tiene el acceso principal del yacimiento.

En nuestra entidad se trabajo por las normativas vigentes que regulan todo el manejo y procedimientos legales establecidos en nuestro país como son:

- Ley 13 PHT
- Decreto – Ley 101/82 Reglamento de la Ley 13
- Decreto – Ley 246/2007 Infracciones de la legislación laboral de PHT y Seg. Social.
- Resolución 31/1999 Levantamiento de riesgo
- Resolución 19/3003 Investigación de accidentes.
- Resolución 39/2007 Base General de la Seg. Social en el trabajo.
- Resolución 50/2008 Metodología para el calculo de los EPPCR
- Resolución 51/2008 Metodología para el Manual de Seg. y Salud en el trabajo.
- Instrucción 2/2008 Procedimiento para la implementación del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.
- NC 702 Capacitación Seg. Y Salud en el trabajo.
- NC ISO 18000 Sistema de Gestión de Seg. y Salud.

3.1 Medidas de seguridad durante la explotación minera.

Los requisitos de seguridad de cada puesto de trabajo y equipo serán comprobados diariamente, antes de comenzar cada turno de trabajo y de modo regular durante el transcurso del turno

Se prohíbe obstruir las área de trabajo a las vías de acceso a estas, con rocas u objetos que dificulten el transito libre de personas y equipos.

Al cesar las labores, los equipos utilizados en el frente de extracción y en el transporte de materia prima se situaran en lugar seguro, con la cabinas cerradas y la fuente de alimentación desconectadas.

Cuando los equipos con mecanismos articulados cuchara del cargador, cuchilla del buldózer, no se encuentran trabajando estos mecanismos descansaran en el suelo.

Se prohíbe descansar en los frentes de trabajo cerca de los taludes de las terrazas y de los mecanismos en funcionamiento, en las vías de acceso y sus inmediaciones y debajo de los equipos estacionados.

Durante la jornada de trabajo los trabajadores deben usar los medios de protección (botas de trabajo, casco protector, orejeras, etc.).

Las medidas de protección del trabajo y técnicas de seguridad están tomadas de acuerdo a las disposiciones establecidas en el reglamento sobre requisitos de seguridad para la explotación de yacimientos a Cielo Abierto de la Resolución Conjunta No 1 MICONS – CETSS.

Reglas generales:

- 1.- La explotación del yacimiento Pontezuela debe ser realizada de acuerdo al presente proyecto. Además de esto la mina debe tener la documentación siguiente:
 - a) Plan de minería.
 - b) Informe geológico.
 - c) Actualización topográfica anual de la cantera.
 - d) Balance anual de reservas.
- 2.- Los requisitos de seguridad de cada puesto de trabajo y equipos serán comprobados diariamente antes de comenzar cada turno y de modo regular durante el transcurso del mismo
- 3.- Al cesar las labores los equipos utilizados en el frente de extracción y en el transporte de materiales se situarán en lugar seguro, con la cabina cerrada y la fuente de alimentación desconectada.
- 4.- Los mecanismos articulados de las palas mecánicas, tractores, etc., cuando estos equipos no se encuentren en funcionamiento, descansarán en el suelo, colocados en posición de reposos y asegurados.
- 5.- Se prohíbe descansar en los frentes de trabajo, cerca de los taludes de las terrazas y de los mecanismos en funcionamiento, en las vías de acceso y sus inmediaciones y debajo de los equipos estacionados.
- 6.- Se prohíbe el traslado de personas de una terraza a otra, por los taludes o aprovechando los amontonamientos de materia prima entibadas en los laterales de los mismos.

Trabajos mineros.

- 1.- Los equipos mineros de transporte, las líneas energéticas, etc., deben ubicarse fuera del prisma de derrumbe de los escalones.

- 2.- Las bermas de seguridad para personal y para transportación deben tener el ancho mínimo para cada función.
- 3.- Se debe realizar un control sistemático de los frentes de extracción para evitar cualquier accidente que pueda ocurrir.
- 5.- Los medios de transporte de material no podrán situarse durante las operaciones de los equipos de extracción.

Trabajos con equipos mecanizados.

- 1.- Se prohíbe trabajar con equipos cuyos mecanismos no cumplan las normas técnicas establecidas.
- 2.- Los equipos utilizados en los trabajos de explotación a cielo abierto estarán provisto de resguardo adecuado en todas sus partes móviles que puedan tener contacto con el hombre (trasmisiones, poleas, engranajes, etc.
- 3.- Se prohíbe la permanencia de personas ajenas al trabajo en la cabina de la máquina y en la plataforma de trabajo.
- 4.- Los equipos de carga que no posean viseras de seguridad, el chofer permanecer_ fuera de la cabina durante la operación de carga y a una distancia mayor que el radio de acción de la cuchara de al excavadora.
- 5.- Cuando se vayan iniciar y terminar los trabajos de carga de los camiones por la excavadora, esta debe emitir una señal.

Camiones:

Se prohíbe durante el trabajo con camiones lo siguiente:

- 1.- Ponerlo en movimiento con la caja de volteo levantada.
- 2.- Sobrepassar su capacidad de carga.
- 3.- Dejar los camiones en las cuestas y pendientes.
- 4.- Transportar personas en el volteo y en la cabina.

IV MEDIO AMBIENTE

4.1 Impactos ambientales – medidas mitigadoras.

La Ley No 81 rige toda actividad referente al medio ambiente y en uno de sus artículos expone lo relacionado con las empresas vinculadas con la actividad de explotación de los recursos naturales, las cuales deben tomar las medidas necesarias para mitigar los impactos ocasionados al medio ambiente.

La mayor parte de las actividades que se desarrollan en la mina por los trabajadores o por los medios son en mayor o menor medida agresivas para la naturaleza, la minería reviste especial interés ya que después de proceder a la extracción de los recursos naturales sino existe una restauración posterior, los terrenos quedan en una situación de degradación sin posibilidades reales de aprovechamiento.

Los principales factores del medio ambiente propenso a ser impactados pueden ser: suelo, atmósfera, vegetación, paisaje, flora y la fauna.

En nuestro caso realizamos una valoración de los factores impactados;

Tabla No 11

FACTOR	IMPACTO
Suelo	Degradación del suelo, pérdida de la calidad o cantidad de suelo, debido a varios procesos, fundamentalmente el de erosión. El proceso de degradación más importante es la pérdida de suelo por la acción del agua, el viento y los movimientos masivos o mas localmente la acción de los vehículos y el pisoteo de los trabajadores.
Atmósfera	Existencia de cantidades de polvo, producido por la acción d los camiones, por la acción del viento sobre la superficie abierta de partículas finas, cargue, formación de escombreras.
Vegetación	Deforestación de la zona de la mina producto de la extracción del mineral por el buldózer.
Paisaje	Perdida de la calidad, debido al laboreo minero.

Medidas de mitigadoras.

Las medidas mitigadoras principales son las de evitar una mayor excavación que la proyectadas en la ejecución de los trabajos mineros, rehabilitar el área excavada, realizar siembras de árboles según las características de los suelos, disminuir la acumulación de polvo.

4.2 Medidas correctoras

Las medidas correctoras que se deben de controlar son:

- Controlar la explotación de las áreas proyectada.
- Controlar el polvo producidos por el laboreo minero.

- Controlar los depósitos del material estéril en las escombreras.
- Evitar el derrame de lubricantes y combustible al suelo cuando se realicen los mantenimientos.

4.3 Plan de rehabilitación del medio ambiente alterado.

Al finalizar la vida útil de la mina se establecieron las siguientes medidas:

- Entrega de las facilidades socio administrativo al estado para su aprovechamiento.
- Recuperación y rehabilitación de las áreas laboreadas en la siembra de árboles.
- En la mina inundada el cultivo de alevines para el consumo.
- Cierre y limpieza de las áreas de depósitos de los lubricantes y combustible.

4.3 Plan de seguimiento y control, presupuesto del medio ambiente.

El plan de seguimiento y control se realiza a través del coordinador ambiental, quien se encarga de chequear los impactos que se ocasionan durante los trabajos de la mina y de verificar que se cumplan las medidas posibles para mitigar los mismos, además de informar o poner en conocimiento al director de la empresa como máximo responsable del cumplimiento de las medidas de medio ambiente.

EVALUACIÓN ECONOMICA DE LOS RESULTADOS ALCANZADO

La reducción de la distancia de transportación de 85 m dada por el método de cálculo tradicional a un 103.45 m dada por el método propuesto permite un ahorro por concepto de combustible de:

- . La norma de consumo es de 1.88 lt / km. (0.00188 Lt/ m)
- . Para un recorrido diario de 129 km = 129 000 m.
- . Lo que trae consigo un ahorro diario de 425 lt, en valores \$ 420.75

- . En el año da un ahorro 119000 lts con un valor de \$117810.00
- . Sin considerar el incremento del número de viaje por la reducción de distancia.

Conclusión parcial:

La reducción complementaria de 18.45 m logrado por la metodología propuesta en comparación con la metodología tradicional permite un ahorro anual de \$ 117 810.00 por concepto de ahorro de combustible de 119000 lt

CONCLUSIONES:

1. La utilización del transporte por gravedad permite una reducción complementaria de la distancia de transportación de 103.45 m
2. La reducción complementaria de 18.45 m, logrado por la metodología propuesta en comparación con la metodología tradicional permite un ahorro anual de \$ 117 810.00 por concepto de ahorro de combustible de 119000 lt

RECOMENDACIONES

1. Calcular el efecto económico originado por el incremento del número de viaje a causa de la reducción de la distancia de transportación.

Bibliografía.

Chopov. I 1977 Proyecto de Explotación del Yacimiento de Sierra de Cubitas, Camagüey, 95p.

Pérez, J.E, 2008, Metodología de cálculo del transporte gravitacional. C.Habana. 4p

Ley No. 76, Ley de MINAS

Diakov V. A. Máquinas de transporte y complejos de la explotación a cielo abierto: Libro para los centros de educación superior, Moscú, Editorial Niedra, 2011, 334 páginas.

Potapov M. G. Transporte de cantera. Quinta edición, Moscú, Niedra, 2005, 239 páginas.

Vasiliev K.A., Nicolaev A.K. Máquinas de transporte. San Petersburgo Universidad Técnica Estatal de minería. SPB, 2003. 121 pág.ISBN 5-94211-216-9.

López Jimeno, Carlos; El Manual de Áridos

Shubalov Y. V.et al. Ciencia Minera, medio ambiente y sociedad. Manual San Petersburgo Universidad Técnica Estatal de minería. SPB. , 2003. 160 c.

Shpansky O.V *et al.* Tecnologia integral de la extracción de materia primas no meníferas para la producción de materiales de la construcción. Moscú.Niedra, 1996.

Vasiliev M.B. Transporte de las canteras profundas. Moscú , Niedra 1983.295 páginas