

Especialidad - Minas

*Trabajo de Diploma en opción  
al título de Ingeniero de  
Minas*

**INFLUENCIA DEL ESTADO DE LOS CAMINOS EN LA  
EXPLOTACIÓN DEL TRANSPORTE AUTOMOTOR EN LA  
CANTERA VICTORIA II**

**Autor: João Mutoca Tchata.**

**Curso: 2018-2019  
“Año 61 de la Revolución”**

Especialidad – Minas

*Trabajo de Diploma en opción  
al título de Ingeniero en  
Minas*

**INFLUENCIA DEL ESTADO DE LOS CAMINOS EN LA  
EXPLOTACIÓN DEL TRANSPORTE AUTOMOTOR EN LA  
CANTERA VICTORIA II**

**Autor: João Mutoca Tchata.**

**Tutor: Dr. C. Ramón Polanco Almanza.**

**Curso: 2018-2019**

**“Año 61 de la Revolución”**

## **DECLARACIÓN DE AUTORIDAD**

**Yo: Joao Mutoca Tchata**

Autor de este Trabajo de Diploma y el tutor Dr. C. Ramón Planco Almanza certificamos la propiedad intelectual a favor de la Universidad de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, hacer uso del mismo en la finalidad que estime conveniente.

**João Mutoca Tchata**

Diplomante \_\_\_\_\_

**Ramón Polanco Almanza**

Tutor \_\_\_\_\_

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a toda mi familia de forma general, pero de forma específica a mi Primo **Isaías Rafael Kambululu** y a mi hermana **Silas Muinga Tchata**, que han sido como unos verdaderos padres para mí ya que los míos no se encuentra entre nosotros. Y por supuesto la dedicación también va a mis dos pequeñitos y hermosos hijos **Sabilson** e **Isaac**.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar agradezco a Dios todopoderoso que me ha dado fuerzas, sabiduría y salud para que este trabajo fuera realidad.

Mis agradecimientos también van a todos mis compañeros del aula que estuvieron conmigo en todos los momentos buenos y en los difíciles, a todos los profesores que me impartieron clases, desde la preparatoria hasta quinto año y a todos los trabajadores del departamento de minas que de una forma directa o indirecta me han ayudado de una u otra forma.

Agradezco de forma especial al profesor que estuvo conmigo desde la elaboración del tema, la etapa de investigación, redacción y confección de este trabajo, mi tutor: Ramón Polanco Almanza, muchísimas gracias por mostrarse siempre dispuesto y por dedicarme su tiempo.

## PENSAMIENTO

*“La educación es el gran motor del desarrollo personal. Es a través de la educación como la hija de un campesino puede convertirse en una médica, el hijo de un minero puede convertirse en el jefe de la mina, o el hijo de trabajadores agrícolas puede llegar a ser presidente de una gran nación”*



*Nelson Mandela*

## **RESUMEN**

El presente trabajo se refiere al estudio del estado constructivo actual de los caminos mineros en el yacimiento Victoria II y su influencia en la productividad y demás parámetros de explotación y en los costos del transporte automotor.

Durante la ejecución de la investigación se hace una caracterización del estado de los caminos mineros, se realizan mediciones de los tiempos de las operaciones del transporte automotor (tiempo de carga y descarga, de recorridos cargado y vacío, maniobras) para determinar la productividad del transporte, con el fin de establecer la influencia del estado de los caminos en los parámetros de explotación de los camiones.

Se determinan los parámetros geométricos de los caminos mineros requeridos para las condiciones de trabajo en el yacimiento Victoria II.

### **Palabras claves:**

Transporte automotor, productividad, explotación de canteras, caminos mineros, parámetros del transporte automotor.

## **ABSTRACT**

The present work refers to the study of the current constructive state of the mining roads in the Victoria II deposit and the influence it exerts on productivity and on the exploitation costs of automotive transport.

During the execution of the researching, a characterization of the state of the mining roads is made, measurements of the times of the automotive transport operations are carried out (time of loading and unloading, loaded and empty route, maneuvers) to determine the productivity of the transport, in order to establish the influence of the state of the roads on the parameters of exploitation of the trucks

The geometrical parameters of the mining roads required for the working conditions in the Victoria II field are determined.

### **Key Words:**

Automotive transport, productivity, quarrying, mining roads, automotive transport parameters.



## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
Problema:.....	2
Objeto de estudio:.....	2
Objetivo general:.....	2
Campo de acción:.....	2
Hipótesis:.....	2
Objetivos específicos:.....	3
Métodos científicos:.....	3
CAPÍTULO I. Estado del arte .....	5
1.1 Introducción.....	5
1.2 Estado de la temática a nivel internacional .....	5
1.3 Antecedentes del tema en Cuba .....	6
CAPÍTULO 2. Caracterización ingeniero geológica de la zona de estudio .....	9
2.1 Ubicación geográfica del yacimiento.....	9
2.2 Características geológicas del yacimiento .....	10
2.3 Génesis del yacimiento .....	11
2.4 Procesos geológicos evidentes en el Yacimientos.....	11
2.4.1 Sector este .....	11
2.4.2 Sector oeste .....	12
2.5 Propiedades físico-mecánicas de la zona de estudios .....	13
2.6 Clima de la Zona.....	13
2.7. Condiciones hidrogeológicas.....	13
2.8 Estado actual de las labores mineras en el yacimiento .....	14
2.9 Método de apertura.....	14
CAPÍTULO 3. Estudio de los parámetros de los caminos mineros y su influencia en la explotación del transporte automotor .....	16
3.1 Introducción.....	16
3.2 Diseño Geométrico del camino .....	17

3.2.1	Curvas horizontales .....	19
3.2.2	Curvas verticales .....	20
3.2.3	Pendiente .....	20
3.2.4	Influencia de las pendiente en el transporte automotor .....	20
3.2.5	Bordillo.....	21
3.2.6	Cunetas .....	21
3.3	Determinación del ancho del camino .....	22
3.4	Diseño estructural del camino .....	24
3.5	Diseño funcional de los caminos mineros .....	24
3.6	Firme.....	24
3.7	Mantenimiento de los caminos mineros .....	25
3.8	Parámetros de explotación del transporte automotor que pueden ser afectados por el estado de los caminos mineros .....	26
3.9	Equipamiento minero para la explotación de la cantera .....	27
3.9.1	Productividad teórica de la retroexcavadora.....	28
3.9.2	Productividad de explotación.....	28
3.9.3	Características técnicas del camión Volvo A40D .....	29
3.9.4	Cálculo de los indicadores técnicos de los camiones en el área de estudio .	30
3.9.5	Tiempo de ciclo del camión .....	30
3.9.6	Tiempo de maniobras .....	31
3.9.7	Tiempo de recorrido cargado y vacío .....	31
3.9.8	Tiempos medioponderados de las operaciones del transporte del mineral en la Cantera victoria II.....	32
3.10	Calculo de la Productividad del transporte automotor .....	32
3.10.1	Productividad horaria del transporte automotor .....	32
3.10.2	Productividad explotación diaria del camión.....	32
3.10.3	Velocidad de los camiones en condiciones reales de la cantera .....	33
3.11	Protección del medio ambiente.....	34

3.11.1 Principales productores de Impacto.....	34
3.11.2 Principales impactos de la minería de explotación a cielo abierto en los yacimientos de la cantera Victoria II .....	35
3.11.3 Principales Medidas para mitigar los impactos Ambientales .....	36
3.12 Medios y medidas generales de cumplimiento obligatorio.....	36
3.12.1 Prevenciones para el caso de accidentes y contingencias.....	37
3.12.2 Protección personal.....	37
3.13 Cálculo económico de la explotación del transporte .....	39
3.13.1 Gastos directos que se originan durante las labores de explotación ...	40
3.13.2 Gastos por concepto de equipos .....	41
3.13.3 Gastos por concepto de salarios .....	41
3.13.4 Gastos por concepto de depreciación de equipos.....	42
3.13.5 Gastos por concepto de consumo de combustible durante la explotación en cantera.....	42
3.13.6 Gastos por concepto de mantenimiento .....	43
3.13.7 Gastos por concepto de lubricante .....	44
3.13.8 Gastos por concepto de neumáticos .....	44
3.13.9 Gastos indirectos .....	44
3.13.10 Gastos totales.....	44
3.13.11 Costo de producción por metro cúbico de mineral extraído.....	44
CONCLUSIONES .....	45
RECOMENDACIONES .....	46
Referencias bibliográficas .....	47
ANEXOS .....	48
Anexo 1 .....	48

## **INTRODUCCIÓN**

La minería es la actividad industrial que permite la extracción y obtención selectiva de aquellas sustancias minerales sólidas (minerales, combustibles y otras fuentes energéticas), líquidas (como el petróleo) o gaseosas (como el gas natural), existentes en la corteza terrestre para su transformación en materias primas también minerales y/o productos energéticos que permitan cubrir las necesidades de abastecimiento de materiales adecuados para el desarrollo de las sociedades humanas. Bajo esta óptica, desarrollar y explotar una mina será producir una sustancia mineral, que es demandada por la sociedad a través de unos mercados, y comercializarla a un precio remunerador (Herrera Herbert, 2012).

El objetivo del transporte es lograr que el movimiento de personas y bienes sea eficiente, cómodo y seguro. Este objetivo se cumple si el sistema conductor– vehículo–camino–entorno es armónico, de lo contrario podrían producirse accidentes (García & Altamira, 2012).

Cuando una empresa hace una inversión incurre en un desembolso de efectivo con el propósito de generar en el futuro beneficios económicos que ofrezcan un rendimiento atractivo para quienes invierten y para la sociedad donde ella se realiza.

El yacimiento Victoria II, ubicado al este de La Habana en el municipio de Guanabacoa es explotado por la Empresa de Canteras para la extracción de areniscas calcáreas de diferentes granulometrías, para la producción de arena artificial. La empresa es concesionaria de este yacimiento mediante las Resoluciones 298/1999 y 70/2008 (ampliación) por un periodo de 25 años.

Teniendo en cuenta la gran demanda de áridos en la capital del país, debido al auge constructivo y la capacidad de las instalaciones industriales que se encargan del procesamiento de la materia prima mineral, es imprescindible contar con una explotación eficiente y sostenible, asegurando el menor impacto ambiental.

El mencionado yacimiento abastece de materia prima a los centros de procesamiento denominados Victoria II y Victoria III, ambos ubicados en su cercanía y aledaños uno del otro. Según los proyectos de procesamiento, ambas plantas deben tener una capacidad de producción de 70m<sup>3</sup>/h y en los momentos actuales las producciones no se corresponden a lo proyectado de acuerdo a la capacidad de las plantas, independientemente de algunas deficiencias tecnológicas, se considera que el problema radica en la deficiente explotación del transporte minero, debido a las condiciones minero-técnicas de la vías de acceso entre los diferentes frentes de extracción y hacia las plantas de preparación mecánica.

**Problema:**

Necesidad de determinar la influencia del estado constructivo de los caminos mineros en los parámetros de explotación del transporte automotor.

**Objeto de estudio:**

Sistema de transportación del mineral.

**Objetivo general:**

Establecer la influencia que ejerce el estado constructivo de los caminos sobre los parámetros de explotación del transporte automotor.

**Campo de acción:**

Parámetros de explotación del transporte automotor.

**Hipótesis:**

Si se determina la relación entre el estado constructivo de los caminos mineros y los parámetros de explotación del transporte automotor se puede determinar la influencia de este aspecto sobre el costo de explotación del transporte automotor.

**Objetivos específicos:**

1. Establecer el estado actual del tema.
2. Determinar los parámetros de los caminos mineros que ejercen influencia en la eficiencia de la transportación del mineral.
3. Determinar los parámetros de explotación de los camiones que tienen dependencia directa o indirecta del estado constructivo de los caminos mineros.
4. Estableces la influencia del estado del camino sobre el costo de explotación.

El desarrollo del estudio se realiza en cuatro capítulos fundamentales:

**Capítulo I:** Estado del arte”. Se realiza un análisis bibliográfico para el establecimiento del estado actual de la problemática.

**Capítulo II:** Caracterización ingeniero-geológica de la zona de estudio. En este capítulo se aborda la situación geográfica del yacimiento, la geología, hidrogeología y los procesos tecnológicos empleados en la cantera.

**Capítulo III:** Estudio de los parámetros geométricos y técnicos de los caminos mineros y su influencia en los parámetros de explotación y el costo del transporte automotor. Impacto ambiental que se puede producir durante la explotación.

**Métodos científicos:**

Como método teórico se utiliza el analítico-sintético para una mayor comprensión del problema y poder determinar los parámetros de los caminos mineros que influyen en el costo de explotación del transporte automotor. Además, el método histórico-lógico está presente al analizar a nivel nacional e internacional la situación del estado de los caminos en la explotación de yacimientos de materiales de construcción.

Dentro de los métodos empíricos se emplean la observación y la entrevista, los cuales se ven presentes en la realización de las conversaciones con los trabajadores, específicamente los conductores de los camiones de la empresa de Cantera Habana Victoria II, de forma planificada y observándose la forma en que se desarrollan los

trabajos en la cantera, para poder recoger toda la información referente al sistema de transporte en la zona de estudio.

Se utiliza además el método hipotético–deductivo para la formulación de la hipótesis y análisis de criterios técnicos económicos de la explotación de los equipos de transportes.

# **CAPÍTULO I. Estado del arte**

## **1.1 Introducción**

En el presente capítulo se analizará el estado actual de la problemática en Cuba y el resto del mundo, mediante el estudio de los antecedentes del trabajo en otras minas y canteras, los que serán utilizados como elementos de partida para la elaboración de este trabajo.

### **1.2 Estado de la temática a nivel internacional**

En la tesis en opción al título de doctor, Aduvirre (1990), citado por (Padilla Bartomeo, 2013) en su trabajo de diploma para optar al título de ingeniero de minas 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 parada e incrementos de los costos.

El plantea dos aspectos principales en la vida económica de la maquinaria utilizada en explotación a cielo abierto: el mantenimiento y su reemplazo posterior; debido al deterioro físico que experimentan con el tiempo en el desarrollo de la minería. 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.

Joseph 2012, citado por (Mendoza Matínez, 2015) en su trabajo de diploma publica un artículo en internet titulado “Carguío y transporte de mineral en minería a cielo abierto” donde aborda temas relacionados con la perforación, voladura, parámetros geométricos



y geo-mecánicos, las características del material, entre otros para arribar a la conclusión de que el objetivo del carguío y el transporte de material es retirar el material tronado del frente y transportarlo adecuadamente a su lugar de destino”, lo cual se puede resumir en la siguiente secuencia: preparación de la zona de trabajo, posicionamiento de equipos, retirar el material volado desde la frente de trabajo (Carguío), traspaso del material al equipo de transporte dispuesto para el traslado, transporte del material a su lugar de destino (planta, acopio, botaderos, etc.), descarga del material, y retorno del equipo de transporte al punto de carguío (si es que se requiere su retorno). Este artículo no hace referencia a la selección de un sistema de transporte específico para el traslado de los diferentes materiales obtenidos en la minería a cielo abierto.

En la metodología de cálculo de la cantidad de camiones aplicada en el Centro de Investigación y Proyecto Giproruda, el autor Diakov (2011) parte de relacionar la duración del ciclo de trabajo de la excavadora con el del camión. Esta metodología evalúa los tiempos por lo que no considera si el tipo de transporte está bien elegido y no elabora un procedimiento completo para la elección y el cálculo del transporte automotor.

En la publicación en la revista Viewponit, Cooke (2008) hace referencia a una flota de camiones en la mina de cobre y oro, La Sierrita, en Arizona, Estados Unidos. En esta publicación se refiere a una serie de medidas que se han tomado para aumentar el rendimiento de los camiones la disponibilidad por encima del 90%. Entre las mejoras relaciona que los operarios deben estar capacitados en el manejo de los camiones tanto en las diferentes vías como climas, mantener los caminos mineros en buen estado. En esta publicación el autor no hace referencia a la necesidad de un procedimiento para la elección y cálculo de los parámetros fundamentales de los camiones.

### **1.3 Antecedentes del tema en Cuba**

Por las condiciones de Cuba, país subdesarrollado y con limitaciones de recursos, la minería juega un importante papel en el desarrollo de la economía. Se han realizado algunos trabajos de investigación los cuales se analizarán como antecedentes del actual trabajo.

En la tesis presentada en opción al título de Especialista en Explotación de Yacimientos Lateríticos de la Ing. Romancia Trumbull Gray, del año 2006, se propone una variante racional para la transportación del mineral de los nuevos yacimientos de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara. En esta tesis se hace un análisis de los tipos de transporte con más posibilidades de ser empleados en la minería del níquel, basándose en las ventajas y desventajas de cada tipo de transporte. También se abordan elementos referentes a la construcción de caminos mineros y se caracterizan los yacimientos a través de estudios geológicos, topográficos e hidrográficos.

Al final, y mediante una valoración técnico-económica, se seleccionan las variantes más racionales para cada yacimiento. En este trabajo se expone como elemento novedoso la introducción del transporte continuo (de banda), en la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

El autor (Marsillí Mustelier, 2011) propone el análisis de los indicadores y cálculo para evaluar la efectividad de las operaciones mineras de la extracción y el transporte de mineral en el yacimiento Yagrumaje Sur, con vistas a identificar las reservas ocultas de productividad existentes.

El estudiante (Toirac Cobas, 2010) en su trabajo de diploma realiza un estudio del rendimiento del transporte automotor en la minería donde intenta de determinar la vida útil del transporte automotor existente en esta empresa.

En diferentes informes de prácticas laborales investigativas de los estudiantes de la carrera de ingeniería de minas se ha realizado la evaluación del ciclo de trabajo de los equipos de transporte automotor en los yacimientos lateríticos. En ellos se analiza el comportamiento de los componentes del ciclo de trabajo (tiempos de recorrido, carga, maniobras) con el fin de calcular la productividad de los camiones Volvo A40D.

El diplomante (Zvikomborero Musekiwa, 2013) en su tesis de grado para la obtención del título de ingeniero presentó un trabajo sobre la influencia de los viales en la productividad de los camiones en la empresa Ernesto Che Guevara donde hace una caracterización

minero-técnica de los caminos y los equipos de carga y transporte y determina la productividad de los camiones que transportan el mineral.

En el Manual para el diseño y construcción de del diseño de los caminos mineros el autor (Batista Legrá, S. F.) trata principalmente los parámetros de los caminos mineros tales como el diseño geométrico, el diseño estructural y funcional.

Todos los trabajos analizados y estudiados en este capítulo que se están utilizando como antecedentes de esta investigación, tienen una relación directa o indirecta con el tema pero ninguno de ellos hace referencia a la influencia que ejerce el estado constructivo de los caminos mineros en costo de transportación del mineral en el yacimiento de material de construcción .

Por eso se puede afirmar que este problema técnico no ha sido resuelto en la explotación de yacimientos de materiales de construcción.

## **CAPÍTULO 2. Caracterización ingeniero geológica de la zona de estudio**

### **2.1 Ubicación geográfica del yacimiento**

El yacimiento de arenisca "Victoria II" se encuentra ubicado a tres kilómetros al suroeste (SW) del poblado de Arango en el municipio de Guanabacoa, en la provincia de Ciudad de La Habana (Anexo gráfico N°.1). El yacimiento se localiza en las hojas N° 3785 II y III del Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía (ICGC) a escala 1:50 000.

Las coordenadas de la concesión de explotación del yacimiento Victoria II en el sistema de coordenadas Cuba norte se muestran en la tabla 1.

Tabla N°. 1 Coordenadas planas de la concesión del yacimiento Victoria II.

N	Este (m)	Norte (m)
1	376010	359780
2	376110	359970
3	376170	360070
4	376370	360050
5	376450	360120
6	376690	360040
7	377025	360080
8	377230	360030
9	377295	359760
10	377080	359640
11	376740	359640
12	376740	359350

13	376560	359370
14	376510	359565
15	376420	359590
16	376350	359550

En la figura N°.1. Se muestra una imagen satelital del área donde se ubica el yacimiento de arenisca, “Victoria II”.



Figura 1. Vista aérea del yacimiento Victoria II.

## 2.2 Características geológicas del yacimiento

Desde el punto de vista morfológico está constituido por elevaciones las cuales se destacan como morfo estructuras positivas de base ancha con suaves pendientes y cimas redondeadas. Este yacimiento pertenece a la formación Peñalver de edad cretácico superior maestriciano, litológicamente está compuesto por gravelitas calcáreas con gravas que van desde gruesas a finas en su base y hacia arriba en el corte se presenta una variación gradual que va desde areniscas calcáreas de granos gruesos,

granos medios, granos finos y granos muy finos (denominadas calcilutitas) hasta terminar con una secuencia de margas argiláceas. Según los autores se trata de un ciclo clástico gradacional de base rudítica y parte superior aleurítica (las calcilutitas) y a pesar de que estas rocas están constituidas por clastos de variada composición, en ellas predominan los calcáreos. (Centro de proyectos, 2018)

### **2.3 Génesis del yacimiento**

En el intervalo Coniaciano – Campaneano una vez cesada la actividad del arco volcánico insular y comenzada la etapa de continentalización (Iturralde Vinent 1981) transcurrió un prolongado tiempo de erosión y denudación sub aéreas, más tarde fuertes movimientos horizontales y verticales afectaron los terrenos exponiendo cada vez nuevos niveles más profundos (del Arco volcánico).

Durante el Campaneano comienza la sedimentación de la cobertura cretácica, la cual, en un principio era clástico-terrigeno (Formación Vía Blanca) y luego fue sustituyéndose por depósitos clásticos carbonatados (Formación Peñalver).

### **2.4 Procesos geológicos evidentes en el Yacimientos**

1. Tectonismo (estructuras disyuntivas y plicativas)
2. Meteorización (tanto química como física).
3. Variaciones espaciales de las propiedades físico-mecánicas.
4. Fenómenos ocurridos durante el proceso de sedimentación.
5. Presencia de aguas subterráneas (Fenómenos hidrogeológicos).

Como se puede observar en la foto satelital mostrada en la figura 1 el yacimiento está dividido en dos sectores de explotación: Sector este y Sector oeste.

#### **2.4.1 Sector este**

Este sector se explota hasta la cota +73 con bancos de 10 m, aquí aparece un elevado número de fracturas y numerosos espejos de fricción, no se ha observado ningún tipo de estructura plicativa, las rocas buzcan hacia el norte con azimut entre 30° y 35° y ángulo

de buzamiento promedio de 40°, en la actualidad se puede observar el intenso agrietamiento existente donde el predominante se manifiesta con rumbo suroeste – noreste, el mismo se manifiesta de forma vertical o sub vertical y en menor grado de forma longitudinal. En ocasiones sobre todo en la parte sur del sector el agrietamiento divide el macizo en bloques, lo cual crea serias dificultades técnicas para su explotación.

Los fenómenos de la meteorización se evidencian claramente en las partes o niveles de explotación superiores, cotas +96 hasta +106. Las variaciones espaciales de las propiedades físico-mecánicas se observan tanto en profundidad como lateralmente. Los fenómenos ocurridos durante la sedimentación guardan relación con lo expuesto anteriormente. Los cambios en el régimen de sedimentación se evidencian por la presencia de una estratificación fina en los niveles superiores donde las rocas son de granos finos y muy finos, en ocasiones de poca dureza.

#### **2.4.2 Sector oeste**

En este sector se observan los mismos procesos geológicos. Las litologías observadas desde la cota +88 hasta la +110 se refieren a un ciclo que va desde gravelitas calcáreas en la parte sur coordenadas x: 376 331 m; y: 359 910 m; pasando por areniscas de granos gruesos, granos finos, donde no se observa estratificación hasta llegar a las areniscas calcáreas de granos finos de colores claros, estratificadas y en ocasiones cubiertas por una fina capa de sedimentos margosos carbonatados de color blanco. Se observa un intenso agrietamiento con algunas grietas rellenas de calcita

La meteorización es evidente por los cambios de coloración que presentan las rocas hacia la parte superior, por la poca dureza que las hace deleznales, manchas de oxidación en las grietas y la presencia de una corteza de intemperismo carbonatada.

## 2.5 Propiedades físico-mecánicas de la zona de estudios

En la tabla No 2 se pueden apreciar las propiedades físico-mecánicas del mineral en el yacimiento Victoria 2.

Tabla N° 2. Propiedades físico-mecánicas del mineral en el yacimiento Victoria II

<b>Propiedades físico-mecánica</b>	<b>Valor mínimo</b>	<b>Valor máximo</b>	<b>UM</b>
Porosidad	4,50	25,00	%
Absorción	1,20	8,00	%
Resistencia a la compresión seca	112,15	111,32	MPa
Triturabilidad en estado saturado	19,6	78,4	MPa
Triturabilidad en estado seco	19,6	98	MPa
Peso volumétrico	2,27	3,44	g/cm <sup>3</sup>

## 2.6 Clima de la Zona

Las precipitaciones en la región tienen promedios anuales entre 1 600 mm y 2 000 mm, ocurriendo en el período lluvioso precipitaciones por más de 1 600 mm y entre 400 mm y 600 mm en el período de seca.

Las temperaturas oscilan entre 22 °C y 27 °C, lo cual provoca una alta evaporación. La humedad media anual es de 90–95 %. La dirección de los vientos es E–NE.

## 2.7. Condiciones hidrogeológicas

El nivel de las aguas subterráneas oscila entre 7,15 y 42,0 m en los pozos 16 y 304 respectivamente. Las cotas oscilan entre 59,0 y 114,65 en los pozos 317 y 17 respectivamente.

La dirección del flujo de las aguas subterráneas es de la parte central y sur del yacimiento hacia el norte, noreste y este. En general el flujo predominante es hacia el este y noreste



debido a que los niveles freáticos más bajos se hallan hacia esta zona. (Centro de proyectos, 2018).

El gasto en los pozos en los cuales se efectuó el cubeteo (301, 304, 308, 313 y 315) oscila entre 0.31 y 0.39 l/seg. El abatimiento varía entre 12.34 y 28.06 en los pozos 308 y 315. El nivel dinámico oscila entre 20.05 y 47.70 m. Estos pozos caracterizan a la arenisca de grano fino a medio agrietada, con grietas rellenas de calcita, que es la litología predominante en el yacimiento. El poco agrietamiento de la roca madre y la presencia de intercalaciones de arcilla impiden la infiltración hacia las capas inferiores, lo cual crea condiciones favorables para la explotación.

## **2.8 Estado actual de las labores mineras en el yacimiento**

La cantera cuenta con la infraestructura necesaria para la continuidad de la explotación: Centros de Producción donde procesar el material, varios frentes de arranque abiertos con espacio suficiente para la operación de los equipos, acceso a los frentes de trabajo, a la planta y a la escombrera, condiciones apropiadas para el drenaje natural, suministro de agua, energía eléctrica. La extracción minera actual en el año en curso se planifica por el propietario y se realiza en bancos de 10 m de altura, el tamaño del modelo de bloque utilizado es (20 m X 20 m X 5 m). La planificación minera de los cinco años que comprende el proyecto, se realizará iniciando en el banco + 112.0 m y alcanzando el volumen necesario hasta la cota + 72.0 m, el tamaño de los bancos de explotación es 10 m de altura, permitiendo que todos los bancos se encuentren acorde y múltiplos de la altura de los bloques geológicos.

## **2.9 Método de apertura**

La apertura del yacimiento se realiza para asegurar el enlace del transporte entre los puntos de carga del material y los puntos de descarga. Ésta debe garantizar el funcionamiento normal de los flujos de carga que se tendrán en la cantera.

El yacimiento Victoria II está actualmente en explotación. El sector este es donde se prevé realizar los trabajos de extracción, los niveles + 92.0 m, + 82.0 m, + 72.0 m y en la

parte noreste del nivel + 102.0 m están preparados y en explotación, solo para el horizonte + 112.0 m en la parte sur de acuerdo a la planificación proyectada se establecerá una apertura desde un camino existente con el objetivo de llevar el mismo hasta el límite de la concesión minera aprobada y la explotación de los niveles inferiores en esta zona

Para poner en explotación un nuevo banco de trabajo es necesario crear una vía de transporte hacia él y un frente inicial de trabajo, no siendo necesario estos trabajos para los niveles inferiores (+ 92.0 m, + 82.0 m, + 72.0 m y parte del + 102.0 m) en la parte norte y noreste de la cantera. El yacimiento Victoria II se encuentra en la actualidad en explotación con más de un frente activo de trabajo con sus correspondientes accesos, por lo que las labores de apertura serán solo aplicables a la apertura del horizonte + 112.0 m en el lado sur desde un camino existente.

## **CAPÍTULO 3. Estudio de los parámetros de los caminos mineros y su influencia en la explotación del transporte automotor**

### **3.1 Introducción**

Los caminos mineros constituyen uno de los aspectos más importantes del diseño y planificación de una mina a cielo abierto. Su trazado debe incluirse en el diseño en las etapas más tempranas del proceso de planificación, debido a que afecta significativamente a los ángulos de talud y éstos, en consecuencia, a la relación estéril/mineral de la explotación o a las reservas recuperables.

A pesar del desarrollo de las aplicaciones informáticas, muchas de éstas no permiten realizar el diseño de los caminos de manera adecuada, siendo necesaria una participación directa del ingeniero proyectista.

Algunas consideraciones que deben hacerse en el momento de proyectar los caminos de acarreo en una explotación minera son las siguientes: (Bustillo Revuelta & López Jimeno, 1997)

- Punto de salida de la mina, que dependerá de la localización de la planta de preparación y/o escombreras para el vertido del estéril.
- Número de pistas de acceso. Las vías de acceso alternativas aumentan la flexibilidad de la operación pero, por el contrario, pueden complicar el diseño, aumentar el ratio de explotación, etc.
- Caminos internos o externos al espacio de explotación.
- Caminos temporales o semipermanentes.
- Caminos con trazado en espiral, en zig-zag o mixtas.
- Número de carriles en pistas principales o auxiliares.
- Pendientes medias y por tramos, tanto favorables como desfavorables, para el transporte.
- Sentido del tráfico, etc.

La cantera Victoria II es parte de la entidad Empresa de Canteras Habana del Micon que se dedica a la producción de materiales para la construcción para la provincia La Habana y otras provincias cercanas.

En esta entidad empresarial el sistema de transporte utilizado es el transporte automotor, específicamente VOLVO A40 D. La transportación del mineral es realizado con dos camiones de la misma marca antes mencionada, los mismos realizan el transporte del mineral con alto grado de dificultad debido al mal estado de los caminos mineros.

El área de explotación está dividida en dos sectores: este y oeste. El sector este del yacimiento se encuentra a una distancia de 456 m desde la planta hasta el frente. El ancho de los caminos es irregular y varía desde 4,7 m hasta 7 m con pendientes que varían desde 6 hasta 14 %. El sector oeste del yacimiento está a una distancia de 1,5 km, el ancho del camino es prácticamente igual al sector anterior, este camino posee curvas con un radio de 8,4 m y en la misma curva hay una pendiente de 14 %.

Entre los aspectos a tener en cuenta para el diseño y reparación de un camino minero destacamos los siguientes:

- Diseño geométrico.
- Diseño estructural.
- Diseño funcional.

### **3.2 Diseño Geométrico del camino**

Para el buen diseño de un camino de bajo volumen de tránsito se consideran claves las siguientes prácticas (Caminos y Ferrocarriles, 2005).

- Limitar al mínimo indispensable el ancho del camino para restringir el área alterada.
- Evitar la alteración de los patrones naturales de drenaje.
- Proporcionar drenaje superficial adecuado.
- Evitar terrenos escarpados con taludes de más de 60%.

- Evitar problemas tales como zonas inundadas o inestables y minimizar el número de contactos entre el camino y las corrientes de agua.
- Diseñar los cruces de quebradas y ríos con la suficiente capacidad, con protección de las márgenes contra la erosión, y permitiendo, de ser el caso, el paso de peces en todas las etapas de su vida.
- Conseguir una superficie de rodadura del camino estable y con materiales físicamente sanos.
- Usar ángulos de talud estables en cortes y rellenos.
- Usar medidas de estabilización de taludes, de estructuras y de obras de drenaje conforme se necesiten y sea económicamente seleccionada
- Proporcionar un mantenimiento debidamente planeado y programado.
- Cerrar o poner fuera de servicio a los caminos cuando no se usen o cuando ya no se necesiten.

El diseño geométrico es comúnmente el punto de partida para este tipo de camino y se refiere al trazado y la alineación del camino, tanto en el plano horizontal como vertical (pendiente, descenso, gradientes de rampa, caída transversal, súper-elevación, radio de curva) distancias de detención, distancias de visibilidad, trazado de uniones, muros de bermas, provisión de variación de arceles y ancho del camino, dentro de los límites impuestos por el método minero.

Es por ello que el objetivo de esta fase es establecer un diseño eficiente que garantice el suficiente grado de seguridad a las operaciones del transporte minero. También es esencial considerar el tema del drenaje, es decir, cómo canalizar el agua que llega al camino en forma natural para que no afecte a la estructura. Algunos elementos básicos para los caminos mineros son:

- Curvas horizontales y verticales.
- Pendientes.
- Ancho del camino.
- Radio de curvatura.

- Visibilidad en curvas.

### 3.2.1 Curvas horizontales

El mínimo radio de curvatura es un valor límite que está dado en función del valor máximo del peralte y del factor máximo de fricción, para una velocidad directriz determinada. En la tabla 2 se muestran los radios mínimos y los peraltes máximos elegibles para cada velocidad directriz.

En el alineamiento horizontal de un tramo de camino diseñado para una velocidad directriz, un radio mínimo y un peralte máximo, como parámetros básicos, debe evitarse el empleo de curvas de radio mínimo. En general deberá tratarse de usar curvas de radio amplio, reservando el empleo de radios mínimos para las condiciones más críticas. (Caminos y Ferrocarriles, 2005).

Tabla N°3. Relación de radio y velocidad.

Velocidad directriz. km/h	Radio de la curva. m
20	24
30	55
40	95
50	150

### **3.2.2 Curvas verticales**

Los tramos consecutivos de rasante, serán enlazados con curvas verticales parabólicas cuando la diferencia algebraica de sus pendientes sea mayor a 1%, para carreteras pavimentadas y mayor a 2% para las afirmadas.

Las curvas verticales serán proyectadas de modo que permitan, cuando menos, la visibilidad en una distancia igual a la de visibilidad mínima de parada, y cuando sea razonable una visibilidad mayor a la distancia de visibilidad de paso.

### **3.2.3 Pendiente**

Pendiente es la inclinación del terreno respecto al plano horizontal, matemáticamente es la tangente del ángulo que forma el camino con el plano horizontal. El valor recomendado para la explotación racional del transporte automotor es 8 %.

En el caso de ascenso continuo y cuando la pendiente sea mayor del 5%, se proyectará, más o menos cada tres kilómetros, un tramo de descanso de una longitud no menor de 500 m, con pendiente no mayor de 2%. Se determinará la frecuencia y la ubicación de estos tramos de descanso de manera que se consigan las mayores ventajas y los menores incrementos del costo de construcción.

En general cuando en la construcción de carreteras se emplee pendientes mayores a 10%, el tramo con esta pendiente no debe exceder a 180 m.

En el caso del yacimiento Victoria II existen tramos del camino minero que poseen pendiente de hasta 14 %.

### **3.2.4 Influencia de las pendiente en el transporte automotor**

El aumento en la pendiente trae como consecuencia:

- Disminución de la velocidad de los vehículos e incremento del desgaste de piezas y agregados y por ende aumento del costo de la transportación.
- Aumento del consumo de combustible.
- Mayor desgaste de los neumáticos.

- Disminución de la capacidad de la vía (a causa de la disminución de la velocidad).

Las partes de las que puede constar la sección transversal de un camino son: el firme, el bordillo, la cuneta y los paseos.

### **3.2.5 Bordillo**

Son líneas longitudinales (a ambos lados) que limitan el firme y demarcan claramente la zona de circulación; además, es conveniente contonear lateralmente al firme para evitar su rotura a causa de los efectos del tráfico.

Con estos fines se hace el bordillo de piedra u hormigón. El bordillo puede colocarse enterrado (con su parte superior al nivel con el firme), para que no constituya un obstáculo para el tráfico, y también elevado (15 a 25 cm) cuando se quiere evitar que los vehículos entren en los paseos, lo cual ocurre en zonas urbanas.

### **3.2.6 Cunetas**

Las cunetas son elementos fundamentales para la derivación de las aguas de la explanada. Ellas no son más que canales colocados en el perímetro de la vía que recogen el agua que cae sobre el firme y taludes existentes y la derivan.

Las cunetas tendrán en general sección triangular o trapezoidal y se proyectarán para todos los tramos al pie de los taludes de corte, la mayor difusión la ha obtenido la sección triangular debido a su sencilla construcción y menor costo. Sus dimensiones serán fijadas de acuerdo a las condiciones pluviométricas, siendo las dimensiones mínimas aquellas indicadas en la tabla 3.

El ancho es medido desde el borde de la subrasante hasta la vertical que pasa por el vértice inferior. La profundidad es medida verticalmente desde el nivel del borde de la subrasante el fondo o vértice de la cuneta.



Tabla 4. Ancho mínimo de las cunetas.

Región	Profundidad, m	Ancho, m
Seca	0.20	0.50
Lluviosa	0.30	0.75
Muy lluviosa	0.50	1.0

Cuando el suelo es deleznable (arenas, limos, arenas limosas, arena limo arcillosos, suelos francos, arcillas, etc.) y la pendiente de la cuneta es igual o mayor de 4%, ésta deberá revestirse con piedra y lechada de cemento, u otro revestimiento adecuado.

El desagüe del agua de las cunetas se efectuará por medio de alcantarillas de alivio (Camino y Ferrocarriles, 2005).

Las cunetas, en ocasiones, no son más que zanjas colocadas en los límites de la explanada; ellas no deben tener sus paredes muy pendientes ya que esto resulta peligroso.

### **3.3 Determinación del ancho del camino**

En correspondencia con la magnitud del equipamiento, el ancho de los caminos mineros varía de mina en mina o de cantera a cantera significativamente, la magnitud que más influye es el ancho del camión.

La cantera Habana Victoria II necesita como mínimo un camino minero con dos carriles de circulación para asegurar el tráfico de vehículos entre los frentes de explotación y la planta de beneficio.

Para ello se calcula el ancho del camino necesario a través de la fórmula sugerida por (Tannant & Regensburg, 2001).

$$A = a(0.5 + 1.5 * n) = 4m(0.5 + 1.5 * 2) = 14m \quad (1)$$

Donde: A – ancho del camino.

a – ancho del camión.

n – número de carriles.

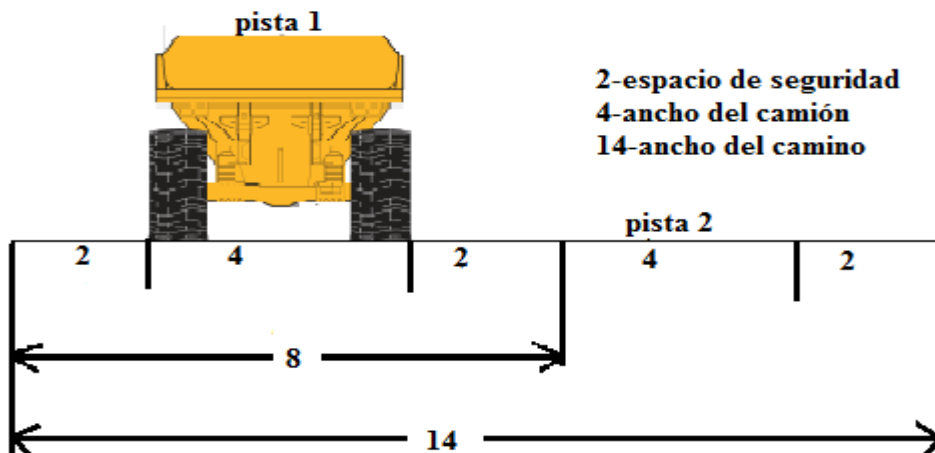


Figura 2. Ancho teórico del camino de doble circulación en el yacimiento Victoria II.

Como se puede apreciar en la figura 2, el ancho requerido para la explotación segura del yacimiento Victoria II con camiones articulados Volvo A 40 D es de 14 m. Sin embargo en las condiciones reales de explotación de este yacimiento el ancho máximo de los caminos mineros solo alcanza siete metros y en algunos tramos (más de 400 m) el ancho del camino apenas alcanza los 4,7 m, cuando el ancho del camión es de 4,0 m lo que provoca que apenas pueda circular por este tramo un solo vehículo limitando considerablemente la productividad de la cantera.

En el anexo 3 se puede apreciar un camión articulado Volvo A 40 D transitando por el camino minero del yacimiento Victoria II.

La práctica de la explotación del yacimiento Victoria II ha demostrado que el ancho limitado de los caminos, aún en los tramos de mayor magnitud está incidiendo drásticamente en la vida útil de los neumáticos, ya que los operadores se ven forzados

a invadir las bermas de seguridad durante el cruce con otros vehículos. Ello se convierte en un problema particular al introducir equipamiento nuevo de mayores dimensiones en la flota sin variar el esquema de caminos existentes.

### **3.4 Diseño estructural del camino**

El diseño estructural se refiere a qué tipo de estructuras (materiales y espesores) se utilizará para soportar las cargas de tránsito impuestas por los equipos de extracción durante la vida útil del camino. Es importante en esta etapa considerar que: la realización de un correcto diseño estructural permitirá disminuir los costos totales de largo plazo asociados a la construcción de los caminos (inversión inicial) y los programas de mantenimiento periódicos. Estos materiales y espesores son conocidos como base y sub-base.

### **3.5 Diseño funcional de los caminos mineros**

El diseño funcional se centra en la selección de materiales de la capa de rodamiento (capa superficial de la estructura) la cual estará afectada no solo a las cargas de tránsito sino también al desgaste por erosión que producen los equipos mineros y las variables medioambientales.

Esta etapa es de gran importancia ya que es la que tiene la tarea de garantizar los requerimientos de seguridad, particularmente asociados a la capacidad de que los vehículos puedan frenar en la distancia que se requiere, bajo cualquier condición medioambiental (lluvia por ejemplo).

### **3.6 Firme**

El firme es la parte superior del revestimiento que recibe directamente la carga producida por los medios de transporte, es la zona de su sección transversal destinada directamente al tránsito de los vehículos.

El ancho del firme depende

- del número de vías de circulación,
- de las dimensiones máximas de los vehículos,
- de los radios de giro y de la velocidad de cálculo de la vía.

El basamento artificial es la capa intermedia que trasmite la carga recibida del firme a la capa subyacente, y de no existir esta al terraplén. Esta capa es la que garantiza la estabilidad de la obra. La capa subyacente se hace con el objetivo de hacer menos costoso el basamento, ya que por el contrario de este, la capa subyacente se hace de materiales poco costosos.

El revestimiento es la parte más cara del camino y su costo puede llegar hasta un 70% del costo de la vía terminada. Atendiendo a eso se debe prestar una especial atención a la elección del tipo de revestimiento que se va a usar.

En la mayoría de las minas y canteras el material para la construcción de los caminos se extrae de áreas de préstamos cerca de las concesiones mineras o se utilizan minerales desechados del proceso principal de la explotación con el objetivo de disminuir los elevados costos de la actividad minera.

La actividad de construcción de caminos en la mayoría de las minas cuenta con su equipamiento exclusivo para esta actividad, que está conformado principalmente por buldóceres, motoniveladoras, compactadores y pipas de agua.

En el caso de la cantera Victoria II los caminos mineros se conforman directamente sobre el terreno de la concesión sin previa compactación ni revestimiento del camino por capas, lo que provoca irregularidades en la superficie del firme del camino con sus inevitables consecuencias negativas en la explotación del transporte automotor.

### **3.7 Mantenimiento de los caminos mineros**

Tan importante como la construcción con todos los requerimientos técnicos, es el mantenimiento de los caminos mineros, ya que los mismos están sometidos constantemente a fuerzas destructivas, tanto naturales como las originadas por el

desplazamiento de los equipos sobre los mismos. Por lo que para mantenerlos en condiciones seguras, eficientes, efectivas y económicas de explotación de los viales, es preciso darle un adecuado mantenimiento.

Para lograr un adecuado mantenimiento a bajo costo, se tienen que realizar inspecciones periódicas por personal competente, para valorar el estado de las vías y elaborar el plan de medidas preventivas para asegurar que:

- Que se corrija el defecto de la vía cuando comience a manifestarse y no esperar a que cause trastornos.
- Que el agua del escurrimiento superficial no invada la vía en ningún caso.
- Que se mantenga el bombeo de los caminos, así como las cunetas limpias en toda época del año.
- Que no se produzcan tupidiones en las tuberías de drenaje.
- Que las cunetas para la evacuación de las aguas se obstruyan.
- Que no se almacene en los paseos de los caminos, ningún material que limite el drenaje de los mismos.
- Que no se formen colchones de polvo (Zvikomborero Musekiwa, 2013).

### **3.8 Parámetros de explotación del transporte automotor que pueden ser afectados por el estado de los caminos mineros**

Son varios los parámetros de explotación del transporte automotor que pueden ser afectados por el estado constructivo de los caminos mineros, entre ellos se destacan los siguientes:

- Velocidad de traslación en sentidos cargado y vacío.
- Tiempo de ciclo del camión.
- Capacidad de carga.

La afectación de estos parámetros origina otras afectaciones directas o indirectas a la planta de procesamiento y a la empresa en general.

En el proceso de minería a cielo abierto, el transporte tiene una importancia fundamental. De cuán efectivo, constante y productivo sea, depende el éxito de la explotación del yacimiento y la obtención de parámetros técnico-económicos más eficientes.

En las condiciones actuales, cuando se extraen y transportan en las minas a cielo abierto enormes volúmenes de masa minera y se trabaja a grandes profundidades, el transporte predetermina el método de apertura, el sistema de explotación del yacimiento y conjuntamente con ello, la escala de los trabajos y los índices económicos de toda la unidad (Pereda Hernández & Polanco Almanza, 2011).

La determinación correcta de la cantidad de camiones requerida para la transportación del volumen total de masa minera en una mina a cielo abierto, aumenta significativamente la operatividad económica de la misma. En este caso los equipos mineros tendrán una eficiencia elevada, mejorará el estado técnico de los camiones y el costo de transportación del mineral útil disminuirá.

La determinación correcta de la cantidad de camiones se garantiza a partir de datos reales teniendo en cuenta las condiciones mineras: la situación de los caminos, la velocidad de traslación de los camiones por ellas y la organización del trabajo en los puntos de carga y descarga. Para la obtención de estos datos es necesario realizar una observación cronometrada del complejo carga-transporte a lo largo de varios turnos, es importante que el período de observación abarque las condiciones de trabajo de la mina, los 'turnos de trabajo (diurnos y nocturnos), los equipos de carga, etc. (Shpansky & Polanco Almanza, 1986).

### **3.9 Equipamiento minero para la explotación de la cantera**

Retroexcavadora XE 700

Sistema de locomoción: sobre orugas

Capacidad del cubo: 3,2 m<sup>3</sup>

Tiempo Ciclo: 23 seg.

### 3.9.1 Productividad teórica de la retroexcavadora

$$Q_t = \frac{3600}{t_c} \cdot E, t/h \quad (2)$$

Donde:

$t_c$  – tiempo de ciclo, seg.

E – Capacidad del cubo, m<sup>3</sup>

### 3.9.2 Productividad de explotación

$$Q_e = \frac{3600 \cdot k_{II} \cdot k_u \cdot \gamma}{t_c \cdot k_c} \cdot E, t/h \quad (3)$$

Donde:

$K_{II}$  – coeficiente de llenado del cubo de la excavadora, para este caso  $K_{II} = 0.95$

$K_u$  – coeficiente de utilización de la jornada laboral,  $K_u = 0.7$

$\gamma$  - masa volumétrica del mineral,  $\gamma = 2.12 \text{ t/m}^3$

$K_e$  – coeficiente de esponjamiento del mineral,  $K_e = 1.6$

### 3.9.3 Características técnicas del camión Volvo A40D

Tabla N° 5. Características del camión articulado Volvo A 40 D. (Construction Equipment, 2004)

Pesos		Presión Sobre el suelo		Capacidad de carga		
El peso en orden de servicio incluye todos los fluidos y el conductor		Con un hundimiento de 15% de radio sin carga y peso específico		Volumen de caja según la norma SAE 2:1		Otros parámetros importantes
Neumáticos	29,5R25	Neumáticos	29,5R29	Caja estándar		
Pesos en orden de servicio sin carga		Sin carga		Capacidad de carga. kg	44960	Radio de giro: 20 m
Delante	16300 kg	Delante	115 kPa	Caja, carga rasa	22,9 m <sup>3</sup>	Angulo de basculación :70°
Atrás	14970 kg	Atrás	53 kPa	Caja, colmada	28,1 m <sup>3</sup>	Pendiente máx. 10%
Total	31270 kg	Con carga				Potencia del motor 436 Hp
Carga útil	37000 kg	Delante	135 kPa			Velocidad máxima 55 km/h
Pesos totales		Atrás	172 kPa			Ancho del camión 4m
Delante	19170 kg					Largo del camión 6m
Atrás	49100 kg					
Total	68270 kg					



### 3.9.4 Cálculo de los indicadores técnicos de los camiones en el área de estudio

Para los cálculos de explotación se establecen los parámetros técnicos, tecnológicos y organizativos racionales del transporte automotor para las condiciones de excavación-carga reales.

Para ello se realizó un estudio de la duración de las operaciones mineras en el yacimiento Victoria II. Se cronometró el trabajo del transporte automotor durante un período de cinco semanas, en este plazo se cronometró el trabajo de ocho turnos. Los datos del levantamiento realizado se pueden apreciar en el anexo.

### 3.9.5 Tiempo de ciclo del camión

El ciclo de trabajo de los camiones incluye las operaciones de carga, recorrido cargado, descarga, regreso al punto de carga y las maniobras entre operaciones. La duración de cada una de estas operaciones se establece basada en los resultados obtenidos durante la nominación realizada en los diferentes turnos de trabajo en las distintas áreas de la cantera.

La fórmula para calcular el tiempo de ciclo es:

$$T_{cc} = t_{carga} + t_{descarga} + t_m + t_{rc} + t_{rv} \quad (4)$$

Donde:

$T_{carga}$  – tiempo de carga = 4,33 min.

$T_{descarga}$  – tiempo de descarga = 0,36 min.

$T_m$  – tiempo de maniobra = 0,51 min.

$T_{rc}$  – tiempo de recorrido cargado = 11,78 min

$T_{rv}$  – tiempo de recorrido vacío = 5,58 min.

$$T_{cc} = 4,33 + 0,36 + 0,51 + 11,78 + 5,58 = 22,56 \text{min/ciclo}$$

### 3.9.6 Tiempo de maniobras

Este indicador ocupa una parte importante del ciclo de trabajo, depende de las condiciones de explotación, del estado técnico de los camiones, de la organización de las operaciones, de las condiciones climáticas; en cada cantera se utilizan para los cálculos los tiempos establecidos durante la práctica diaria.

### 3.9.7 Tiempo de recorrido cargado y vacío

El tiempo necesario para los recorridos cargado y vacío al punto de carga, también depende de la velocidad que pueda desarrollar el camión que a su vez depende de varios factores: estado técnico de los caminos del mismo equipo de transporte y las condiciones climáticas fundamentalmente. La velocidad también se limita por las normas de seguridad del trabajo.

La distancia a recorrer y las condiciones de trasportación son los factores más importantes, en función de los cuales se debe operar el equipo para poder realizar un trabajo eficiente. Las mediciones se realizaron en las dos áreas en operaciones de los yacimientos sector Este y Oeste de la cantera hasta la planta de procesamiento.

Los tiempos que se muestran en la siguiente tabla son los resultados promedio ponderados de las mediciones realizadas durante la nominación de las operaciones.

El valor medio ponderado se halla a través de la siguiente fórmula:

$$V_{mp} = \frac{V_{p1} * C_{ob1} + V_{p2} * C_{ob2} + \dots + V_{pn} * C_{obn}}{C_{obtotal}} \quad (5)$$

Donde:

$V_p$  – *valor medio*

$C_{ob}$  – *cantidad de observaciones*

### 3.9.8 Tiempos medioponderados de las operaciones del transporte del mineral en la Cantera victoria II

En la tabla N° 6 se muestran los tiempos medio ponderados de cada operación del transporte automotor Volvo A 40D.

Tabla N° 6. Tiempo los componentes del ciclo de trabajo de los camiones.

Parámetros medidos	Tiempos Promedios
Tiempo de recorrido vacío	5.58 minutos
Tiempo de maniobra	0.51 minutos
Tiempo de carga	4,33 minutos
Tiempo de recorrido cargado	11.78 minutos
Tiempo de descarga	0,36 minutos
<b>Tiempo total de Ciclo</b>	<b>22.56minutos</b>

### 3.10 Calculo de la Productividad del transporte automotor

#### 3.10.1 Productividad horaria del transporte automotor

$$Q_h = \frac{q_{rc} * E_t}{t_c}; \text{tn/h} = \frac{34,48 * 0.7}{0.37} = 64.41 \text{ t/h} = 40 \text{ m}^3/\text{h} \quad (6)$$

#### 3.10.2 Productividad explotación diaria del camión

$$Q_{exd} = Q_h * t_t * E_t * N_t, \text{ton/dia} = 40 * 12.5 * 0.7 * 1 = 525 \text{ t/dia} = 350 \text{ m}^3/\text{dia} \quad (7)$$

Donde:

$T_t$ —tiempo de duración de turno.

$q_{rc}$  – capacidad real de carga del camión.

$N_t$  – cantidad de turnos.

En las tablas 7 y 8 se muestran los resultados del cálculo de la productividad de los camiones Volvo A 40 D con los parámetros reales de los caminos mineros en el yacimiento Victoria II y la productividad teórica si los caminos se construyeran con los parámetros calculados en este trabajo.

Tabla N° 7. Resultados del cálculo de la productividad real de los camiones.

Resultados de los cálculos de la Productividad de Explotación real del camión.	U/M
Productividad horaria del camión ( $Q_h$ )	40 $m^3/h$
Productividad por turno del camión ( $Q_t$ )	500 $m^3/turno$
Productividad anual del camión ( $Q_a$ )	126 240 $m^3/d$

Tabla N° 8. Resultados del cálculo de la productividad teórica de los camiones.

Resultados de los cálculos de la Productividad de Explotación requerida del camión.	U/M
Productividad horaria del camión ( $Q_h$ )	88 $m^3/h$
Productividad por turno del camión ( $Q_t$ )	1100 $m^3/turno$
Productividad anual camión ( $Q_a$ )	277 728 $m^3/d$

### 3.10.3 Velocidad de los camiones en condiciones reales de la cantera

Recorrido cargado y Vacío

velocidad de recorrido vacío

Datos:

$$V = \frac{s}{t} = \frac{1.5}{0.93} = 16.13 \text{ km/h}$$

T.r. vacío= 5.58 min  $\approx$  0.093h

velocidad del recorrido cargado

T.r. cargado= 11.78  $\approx$  0.20h

$$V = \frac{s}{t} = \frac{1.5 \text{ km}}{0.20 \text{ h}} = 7.5 \text{ km}$$

Tabla N° 9. Parámetros reales y calculados de los caminos de la cantera.

<b>Parámetros</b>	<b>Valores Reales</b>	<b>Parámetros Requeridos</b>
Ancho del Camino	7 m	14 m
Radio de Curvatura	16 m	20 m
Pendiente	14%	0-8 %
productividad	40 m <sup>3</sup> /h	88 m <sup>3</sup> /h
Velocidad R. Vacío	16,13 k/h	35 km/h
Velocidad R. cargado	7,5 km/h	30 km/h
Tiempo de ciclo del camión	22,56 min	10,87 min
Costo de producción \$/m <sup>3</sup>	3,70	0,93

### **3.11 Protección del medio ambiente**

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

Durante la ejecución de la tarea de explotación de los yacimientos de la cantera se realizan trabajos enmarcados en las diferentes etapas de ingeniería, desde el desarrollo minero hasta el final de las operaciones incluyendo el cierre del yacimiento. En su mayoría los trabajos que se realizan se convierten en productores de impactos de la minería.

#### **3.11.1 Principales productores de Impacto**

- Desbroce, escombreo y construcción de plataformas.
- Construcción de caminos.
- Perforación de pozos para el arranque del mineral con voladuras.

- Arranque del mineral con voladuras.
- Carga y transportación.
- Trituración y molienda.

### **3.11.2 Principales impactos de la minería de explotación a cielo abierto en los yacimientos de la cantera Victoria II**

- Destrucción de la flora producida por el desbroce,
- construcción de caminos y plataformas.
- La fauna recibe pérdidas de valores naturales y faunísticos, desequilibrio en los ecosistemas y pérdida de valores estéticos y culturales, asociados al desbroce, construcción de caminos y Voladuras.
- Durante la transportación de minerales si no se usa la velocidad moderada los camiones levantando una gran cantidad de polvo, que esto conlleva a que se entorpezca la belleza de la naturaleza.
- Variación del nivel hidrostático por el uso de fuentes naturales, el impacto que puede producir la suspensión de sólidos en las aguas superficiales es de baja magnitud al ser de poca importancia las corrientes de agua superficiales y la mayoría de los arroyos son intermitentes.
- Contaminación del aire debido a emanaciones de polvo, gases y ruido. Este último no es de gran importancia debido a que el área de acción es amplia y no existirán concentraciones grandes de equipos en áreas pequeñas, este impacto es producido por las operaciones de perforación, construcción de plataformas, escombreo, transporte de mineral, trituración y molienda.
- Alteración de la calidad del paisaje al introducir formas extrañas producidas por el desbroce, construcción de caminos y explotación minera.
- Cambios geomorfológicos al producirse deformaciones en el relieve producidas por la explotación minera.

### **3.11.3 Principales Medidas para mitigar los impactos Ambientales**

- Establecer criterios científicos de rehabilitación.
- Riego de agua en los caminos para disminuir la emisión de polvos a la atmosfera.
- Los operadores de equipos deben utilizar los medios necesarios para disminuir el impacto producido por el ruido aunque es bajo.
- Construcción de escombreras con alturas promedio a las del entorno y taludes estables.
- Rehabilitación de las Áreas a medida que avance la explotación Minera.
- Reforestación de todas las Áreas aledañas a las instalaciones.
- Debe mantenerse la estabilidad de los taludes (cantera y escombrera) para evitar el arrastre de materiales hacia las corrientes superficiales.
- Todo el equipamiento que interviene debe estar en óptimas condiciones de seguridad y cumplir con los reglamentos correspondientes.
- Lograr Voladuras óptimas para disminuir las perforaciones secundarias disminuyendo la contaminación atmosférica por acción de polvos gases y residuos.

### **3.12 Medios y medidas generales de cumplimiento obligatorio**

Todos los equipos mineros deben poseer sus correspondientes medios de protección colectivos: extintores manuales y automáticos, barandas, pasamanos de escalerillas, mallas de protección frontal y superior en las excavadoras.

Todos los trabajadores y operadores estarán instruidos en lo referente a la PHT y con las recomendaciones siguientes:

No se permitirá operar los equipos de movimiento de tierra a personas que por sus indicaciones médicas no estén aptos.

Es necesario el uso de los medios de protección (Cascos, espejuelos, botas de seguridad y botas de gomas según el caso se requiera).

La velocidad de operación de los equipos nunca será mayor de 30 km/h.

Mantener la velocidad de los vehículos por debajo del límite permisible en el horario nocturno o si la visibilidad por la lluvia y el polvo lo impiden.

Se mantendrá especial atención por el área por donde transiten personas o vehículos.

### **3.12.1 Prevenciones para el caso de accidentes y contingencias**

Ante un incidente el procedimiento es el siguiente:

En todos los casos en primer lugar llamar a los teléfonos del Equipo de Respuesta a la Emergencia (444 ó 464) inmediatamente.

Prestar solo los primeros auxilios al lesionado, esperar que llegue el personal paramédico que le prestará la debida atención y si es necesario lo trasladará al hospital.

### **3.12.2 Protección personal**

Es necesario acondicionar al obrero con los medios individuales que los protejan de accidentes relacionados con su desplazamiento, equipos y sustancias dañinas. En la Tabla 11, se relacionan las partes del obrero que se deben proteger, así como los medios de protección y los requisitos básicos de estos medios.



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

Tabla N°11. Medios de protección.

Partes del cuerpo	Medios de protección	Requisitos que deben cumplir los Medios de protección
Cabeza	Se usan cascos protectores que tienen como objetivo de reducir el impacto de objetos que caigan de alturas más o menos elevadas.	Resistente a impactos, al fuego, a la humedad, peso ligero, aislamiento de la electricidad.
Oído	Tapones de oídos, orejeras o cascos protector contra el ruido.	Que atenué el sonido, que tenga confort y durabilidad que no tengan impactos nocivos sobre la piel que conserven la palabra clara y que sea de fácil manejo.
Ojos y cara	Gafas protectoras, pantallas, viseras, caretas protectoras y espejuelos.	Protección adecuada para el riesgo específico que fue diseñado, comodidad en el uso de los mismos, ajuste perfecto y ninguna interferencia en los movimientos, durabilidad y facilidad de higienización
Manos y brazos	Guantes, almohadillas y protectores del brazo, mangas y protectores de dedo.	Que estén reforzados para que protejan al trabajador contra llamas, calor y cortaduras.

Tórax	Delantales de piel, de goma sintética y para ácido.	Deben proteger contra chispas, cortaduras pequeñas y protección contra agua y tierra.
Pies y piernas	Botas corte alto, tobilleras, polainas, almohadillas.	Casquillos de acero para los pies, anticonductivos, antichispas y deben resistir las descargas eléctricas.
Vías respiratorias	Respiradores con filtro para polvo, máscaras con filtros para gases, respiradores con líneas de aire, máscaras con puentes de oxígeno	Deben estar acorde al elemento contaminante y el puesto de trabajo. No deben ser objetos que impidan que el trabajador realice sus actividades.

### 3.13 Cálculo económico de la explotación del transporte

Los costos de la construcción de caminos se ven mayormente afectados por las especificaciones de su construcción, sobre todo el ancho del camino y el tipo de superficie de rodamiento, así como la pendiente del terreno. La ubicación de un camino con cortes y rellenos sobre laderas transversales abruptas aumenta grandemente el tiempo de construcción, el volumen de excavación y de movimientos de tierra, las zonas de despalmado y de reforestación necesaria, y le agrega longitud a los drenes transversales y a otras estructuras de drenaje (Keller & Sherar, 2004).

En este trabajo, considerando el estado de los caminos mineros, el cálculo económico que se presenta está relacionado con la explotación del transporte automotor en las condiciones reales de trabajo para determinar la influencia de este aspecto en el costo de transportación del mineral.

En este capítulo se realiza el cálculo económico de la transportación del mineral durante la explotación del yacimiento Victoria II de la empresa Cantera Habana. También se

plantean medidas para mitigar el impacto ambiental provocado por la actividad minera que se desarrolla en esta zona.

Para el cálculo económico se consideran los gastos directos que se originan durante la transportación, que incluyen los gastos surgidos por concepto de mantenimiento, consumo de combustible, lubricantes, neumáticos, depreciación del equipamiento, salarios, y los gastos indirectos incurridos para el desarrollo del proceso tecnológico de transportación del mineral.

### **3.13.1 Gastos directos que se originan durante las labores de explotación**

Los gastos directos que se originan durante la explotación de la cantera Victoria II están constituidos por la suma de los gastos por concepto de salario, los gastos por concepto de adquisición de los equipos, los gastos por concepto de amortización de los camiones empleados durante la explotación, gastos por concepto de combustibles y gastos por concepto de lubricantes.

Es necesario señalar que los camiones articulados Volvo A 40 D utilizados en la empresas de Canteras Habana fueron adquiridos de segunda mano en las empresas del grupo Cubaníquel después de cinco años de explotación al precio de 300 000 USD.

La determinación del costo de transportación del mineral ( $m^3$ ) en el yacimiento Victoria II se realizó considerando las condiciones actuales de trabajo y la cantidad de equipamiento utilizado en estas condiciones. También se calculó el costo de transportación que se pudiera lograr en la transportación de este mismo volumen de mineral en condiciones de explotación distintas, considerando que los caminos mineros se construyan cumpliendo con los parámetros calculados en este trabajo.

### 3.13.2 Gastos por concepto de equipos

Tabla N°12. Gastos por conceptos de equipos.

Equipos	Cantidad de equipos	Precio de adquisición	Total del precio
Camión Volvo A40D	2	300 000	600 000
			600 000

### 3.13.3 Gastos por concepto de salarios

El gasto de salario incluye todos los gastos relacionados con el pago de la mano de obra necesaria para operaciones de transportación del mineral. No se hizo ninguna previsión para ausentismo, entrenamiento y tiempo extra.

$$G_s = N_{tt} * S_m * T_t$$

Dónde:  $N_{tt}$ - N° de choferes = 4

$$G_s = 8 * 771.88 * 12$$

$S_m$  – Salario mensual = \$771.88

$$G_s = \$ 37 050,24$$

$T_t$  – tiempo de trabajo. (12 meses)

Tabla N° 13. Gastos por conceptos de salario

Puesto de trabajo	Cantidad	Salario mensual (\$/mes)	Tiempo de trabajo (meses)	Salario Total (\$)
Chofer	4	771,88	12	37 050,24

### 3.13.4 Gastos por concepto de depreciación de equipos

Los costos originales de la adquisición de la propiedad son la base usual para determinar la depreciación de los equipos.

El valor residual es una estimación, hecha en el momento de la adquisición, del total de dinero que se puede obtener por la venta del activo al final de su vida útil, cada año que pasa este pierde el 20% de su valor inicial, considerando una vida útil de cinco años.

Tabla N°14 Gastos por concepto de depreciación.

<b>Equipos</b>	<b>cantidad</b>	<b>de adquisición (\$)</b>	<b>Depreciación (\$/año)</b>
Volvo A 40D	4	300 000	60 000
	4	1 200 000	240 000

### 3.13.5 Gastos por concepto de consumo de combustible durante la explotación en cantera

El consumo de combustible de un camión es calculado como el producto de la norma de consumo horaria de combustible por el total de horas de operación. Para el cálculo del costo total anual se multiplica este valor por el precio de un litro de combustible para obtener el total.

$$G_c (\text{explotación}) = C_h * T_h * P_l$$

$$G_c (\text{explotación}) = 18 * 2450 * 0.87 * 4$$

$$G_c (\text{explotación}) = \$ 153.468$$

Dónde:

$C_h$  = Consumo horario de un camión (18 L/hora)

$T_h$  = Total de horas trabajadas, Solo se trabaja 12.5 horas por turno.

El régimen de trabajo prevé 280 días laborales al año.

$P_l$  = Precio de un litro (\$0.87)

Gastos por concepto de consumo de combustible [ $G_c$  (explotación)]

Tabla N°15

<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Consumo horario (l/hora)</b>	<b>Total de horas trabajadas (h)</b>	<b>Precio del Litro (\$)</b>	<b>Costo total anual (\$)</b>
VolvoA40	4	18	2450	0.87	153.468

### 3.13.6 Gastos por concepto de mantenimiento

El costo de mantenimiento cubre las partes y servicios para el mantenimiento regular, así como la reparación por roturas imprevistas. Estos gastos ( $G_m$ ) se obtienen considerando la suma de los costos de mantenimiento por hora de operación, multiplicado por la cantidad de horas de operaciones de cada equipo planificadas durante el tiempo que se explotará.

Tabla N°16. Gastos por concepto de mantenimiento ( $G_m$ )

<b>Equipos</b>	<b>Cantidad equipos</b>	<b>Costo de mantenimiento por hora de operaciones (\$/hora)</b>	<b>Total de horas trabajadas(horas)</b>	<b>Costo total (\$/año)</b>
Camión volvo A40	4	10,80	2450	103.684

### 3.13.7 Gastos por concepto de lubricante

El lubricante calculado es el 15.0 % del combustible.

Por lo tanto:

$$G_l (\text{explotación}) = 0.15 * G_c (\text{explotación})$$

$$G_l (\text{explotación}) = 0.15 * 153.468$$

$$G_l (\text{explotación}) = \$ 23.020$$

### 3.13.8 Gastos por concepto de neumáticos

$$G_n (\text{explotación}) = 5,71 * 2450 = 55.958$$

Gastos directos durante la explotación del transporte

$$G_d (\text{explotación}) = G_s (\text{explotación}) + G_a (\text{explotación}) + G_c (\text{explotación}) + G_l (\text{explotación}) + G_m (\text{explotación}) + G_n (\text{explotación})$$

$$G_d (\text{explotación}) = \$ 37 050,24 + \$ 240.000 + \$ 153.468 + \$ 23.020 + \$ 103 684 + \$ 55.958$$

$$G_d (\text{explotación}) = \$ 613 180,24$$

### 3.13.9 Gastos indirectos

$$G_{ind} = G_d * 0.1$$

$$G_{ind} = \$ 613 180,24 * 0.1$$

$$G_{ind} = \$ 562 818,04$$

### 3.13.10 Gastos totales

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

$$G_{totales} = 613,180 + 61,318$$

$$G_{totales} = \$ 674.498$$

### 3.13.11 Costo de producción por metro cúbico de mineral extraído

$$\frac{G_{\text{Gastos Totales}}}{Q_a} = \frac{674.498}{171.500} = 3,93 \text{ \$/m}^3$$

Dónde:

$Q_a$  = Productividad anual de la cantera (171.500 m<sup>3</sup>/año)

## **CONCLUSIONES**

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación se llega a las siguientes conclusiones:

1. Los principales parámetros de los caminos mineros que influyen en la explotación del transporte automotor en el yacimiento Victoria II son el ancho del camino, las pendientes y el mal estado del firme.
2. El ancho calculado de los caminos para las condiciones del yacimiento Victoria II es de 14 m. El real es 7 m.
3. El principal parámetro de explotación del transporte automotor afectado por las condiciones del camino es la velocidad de traslación en sentidos cargado y vacío.
4. La productividad de los camiones disminuye prácticamente a la mitad debido al incremento de la duración del ciclo de trabajo como consecuencia de la disminución de la velocidad de traslación.
5. Si los caminos mineros se construyen a partir de los parámetros calculados el costo de la transportación disminuye en 75 %.



## **RECOMENDACIONES**

1. Ejecutar los caminos mineros en los yacimientos concesionados a la empresa Cantera Habana a partir de los resultados obtenidos para disminuir los costos de explotación del transporte automotor.
2. Realizar un estudio similar al actual en los demás yacimientos concesionados a la Empresa de Canteras.

## Referencias bibliográficas

- Batista Legrá, Y. E. (S. F.). Manual para el diseño y construcción de caminos mineros.
- Bustillo Revuelta, M., & López Jimeno, C. (1997). *Evaluación y Diseño de Explotación Minera* (Vol. 1). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Caminos y Ferrocarriles, D. G. d. (2005). *Manual de diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito*. Perú: Ministerio de transporte.
- Complemento al proyecto de actualización de la explotación del yacimiento Victoria II (2018).
- Construction Equipment, V. (2004). Dúmpster articulado Volvo A40D. In Volvo (Ed.). Suecia.
- García, Y., & Altamira, A. (2012). Calibración del módulo de accidentes del Highway Safety Manual (HSM). *ResearchGate*, 16.
- Herrera Herbert, J. (2012). La actividad minera actual y sus vectores de desarrollo.
- Keller, G., & Sherar, J. (2004). *Guía de campo para las mejores prácticas de administración de caminos rurales*. México: Instituto mexicano del transporte.
- Marsillí Mustelier, Y. (2011). *Análisis de indicadores y cálculo de la efectividad de la extracción y el transporte mineral en la mina de la empresa Che Guevara*. Paper presented at the IV Congreso Cubano de Minería, La Habana.
- Mendoza Matínez, L. (2015). *Selección del sistema de transportación para la explotación del yacimiento Camarioica Sur*. (Ing. de Minas), Instituto Superior Minero Metalúrgico., Moa.
- Padilla Bartomeo, L. Y. (2013). *Proyección del sistema de transporte para la mina de cromo Victoria-1*. (Ing. de Minas.), Instituto Superior Minero Metalúrgico., Moa.
- Pereda Hernández, S., & Polanco Almanza, R. G. (2011). *Transporte minero*. La Habana: Editorial Félix Varela.
- Shpansky, O. V., & Polanco Almanza, R. G. (1986). Determinación de la cantidad de camiones requeridos en las condiciones de producción de una mina a cielo abierto. *Geología & Minería*, 2, 59.
- Tannant, D. D., & Regensburg, B. (2001). *Guideline for mine haul road design*. Canada.
- Toirac Cobas, A. (2010). *Estudio del rendimiento del transporte automotor en la mina de la empresa Che Guevara*. (Ing. de Minas.), Instituto Superior Minero Metalúrgico., Moa.
- Zvikomborero Musekiwa, J. (2013). *Influencia de los viales en la productividad de los camiones en la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara*. (Ing. de Minas.), Instituto Superior Minero Metalúrgico., Cuba.

## ANEXOS

### Anexo 1

Tablas de parámetros de explotación del transporte automotor cronometrados durante las prácticas del trabajo de diploma.

Tabla N°1. Primer día de observaciones.

Ciclos	Llega. Frente	Inicio de carga	T.M de carga	Culm. Carga	T. de carga	Slida Frente	Llegada al P. D	Ida	Inicio de Des	Culm.de Des	T.de Des	Salida.P Des	Retorno
1	9:17:20	9:17:39	0:00:19	9:21:12	0:03:33	9:21:15	9:33:17	0:12:02	9:17:41	9:18:02	0:00:21	9:34:13	0:07:00
2	9:41:13	9:41:40	0:00:27	9:46:03	0:04:23	9:46:13	9:58:09	0:11:56	9:58:36	9:58:54	0:00:18	9:59:09	0:06:03
3	10:05:12	10:05:29	0:00:17	10:10:11	0:04:42	10:10:22	10:21:17	0:10:55	10:21:41	10:22:00	0:00:19	10:22:15	0:04:58
4	10:27:13	10:27:42	0:00:29	10:31:31	0:03:49	10:31:40	10:43:08	0:11:28	10:43:32	10:43:53	0:00:21	10:44:12	0:04:55
5	10:49:07	10:49:32	0:00:25	10:54:13	0:04:41	10:54:20	11:06:06	0:11:46	11:06:31	11:06:54	0:00:23	11:07:10	
promedio			0:00:23		0:04:14			0:11:37			0:00:20		0:05:44
segundos			23		254			697			20		344
minutos			0,38		4,23			11,62			0,33		5,73

Tabla N° 2. Segundo día de observaciones.

T.M de craga	Culm. Carga	T. de carga	Slida Frente	Llegada al P. D	Ida	Inicio de Des	Culm.de Des	T.de Des	Salida.P Des	Retorno
0:00:35	10:25:37	0:02:49	10:25:50	10:37:14	0:11:24	10:37:50	10:38:11	0:00:21	10:38:17	0:05:54
0:00:31	10:49:13	0:04:31	10:49:20	11:02:12	0:12:52	11:02:50	11:03:06	0:00:16	11:03:17	0:04:39
0:00:32	11:12:20	0:03:52	11:12:33	11:25:13	0:12:40	11:25:28	11:25:47	0:00:19	11:25:51	0:05:51
0:00:35	11:36:26	0:04:09	11:36:42	11:50:01	0:13:19	11:50:34	11:50:49	0:00:15	11:51:16	0:04:01
0:00:26	12:01:10	0:05:27	12:01:19	12:13:15	0:11:56	12:13:37	12:13:57	0:00:20	Almuerzo	
0:00:32		0:04:10			0:12:26			0:00:18		0:05:06
32		250			746			18		306
0,53		4,17			12,43			0,30		5,10

Tabla N° 3. Tercer día de observaciones.

ciclos	parámetros												
	Llega. Frente	Inicio de carga	T.M de carga	Culm. Carga	T. de carga	Slida Frente	Llegada al P.	Ida	Inicio de De	Culm.de De	T.de Des	Salida.P De	Retorno
1	9:42:11	9:42:51	0:00:40	9:47:31	0:04:40	9:47:40	10:00:12	0:12:32	10:00:46	10:01:10	0:00:24	10:01:15	0:06:08
2	10:07:23	10:07:57	0:00:34	10:11:23	0:03:26	10:11:40	10:24:42	0:13:02	10:25:00	10:25:18	0:00:18	10:25:24	0:05:34
3	10:30:58	10:31:21	0:00:23	10:35:31	0:04:10	10:35:59	10:51:00	0:15:01	10:51:22	10:51:41	0:00:19	10:51:50	0:04:22
4	10:56:12	10:56:40	0:00:28	11:01:16	0:04:36	11:02:22	11:14:13	0:11:51	11:14:32	11:14:47	0:00:15	11:14:50	0:05:41
5	11:20:31	11:21:02	0:00:31	11:24:13	0:03:11	11:24:20	11:37:12	0:12:52	11:37:38	11:37:54	0:00:16	11:38:00	0:05:17
6	11:43:17	11:43:51	0:00:34	11:47:16	0:03:25	11:47:24	12:00:04	0:12:40	12:00:23	12:00:46	0:00:23	almuerzo	
Promedio			0:00:32		0:03:55			0:13:00			0:00:19		0:05:24
Segundos			32		249			700			19		324
Minutos			0,53		4,15			11,67			0,32		5,40

Tabla N° 4. Cuarto día de observaciones.

ciclos	parámetros												
	Llega. Frente	Inicio de carga	T.M de carga	Culm. Carga	T. de carga	Slida Frente	Llegada al P.	Ida	Inicio de De	Culm.de Des	T.de Des	Salida.P Des	Retorno
1	8:09:11	8:09:28	0:00:17	8:13:15	0:03:47	8:13:21	8:24:12	0:10:51	8:24:32	8:24:54	0:00:22	8:25:12	0:04:01
2	8:29:13	8:29:38	0:00:25	8:34:41	0:05:03	8:34:55	8:46:07	0:11:12	8:46:35	8:46:57	0:00:22	8:47:07	0:08:04
3	8:55:11	8:55:33	0:00:22	9:00:17	0:04:44	9:00:26	9:12:14	0:11:48	9:12:38	9:12:53	0:00:15	9:13:20	0:04:45
4	9:18:05	9:18:26	0:00:21	9:23:04	0:04:38	9:23:16	9:35:24	0:12:08	9:35:52	9:36:13	0:00:21	9:36:20	0:04:51
5	9:41:11	9:41:39	0:00:28	9:46:12	0:04:33	9:46:20	9:58:09	0:11:49	9:58:32	9:58:55	0:00:23	9:59:10	0:07:14
6	10:06:24	10:06:56	0:00:32	10:11:13	0:04:17	10:11:20	10:23:27	0:12:07	10:24:00	10:24:27	0:00:27	10:25:03	0:06:10
7	10:31:13	10:31:48	0:00:35	10:36:12	0:04:24	10:36:21	10:47:09	0:10:48	10:47:29	10:47:51	0:00:22	10:48:00	0:06:15
8	10:54:15	10:54:43	0:00:28	11:02:11	0:07:28	11:02:18	11:13:27	0:11:09	11:13:52	11:14:18	0:00:26	11:14:41	
promedios			0:00:26		0:04:52			0:11:29			0:00:22		0:05:54
segundos			26		292			689			22		354
minutos			0,43		4,87			11,48			0,37		5,9

Tabla N° 5. Quinto día de observación

Ciclos	Llega. Frente	Inicio de carga	T.M de carga	Culm. Carga	T. de carga	Slida Frente	Llegada al P.	Ida	Inicio de De	Culm.de Des	T.de Des	Salida.P Des	Retorno
1	9:17:20	9:17:39	0:00:19	9:21:12	0:03:33	9:21:15	9:33:17	0:12:02	9:17:41	9:18:02	0:00:21	9:34:13	0:07:00
2	9:41:13	9:41:40	0:00:27	9:46:03	0:04:23	9:46:13	9:58:09	0:11:56	9:58:36	9:58:54	0:00:18	9:59:09	0:06:03
3	10:05:12	10:05:29	0:00:17	10:10:11	0:04:42	10:10:22	10:21:17	0:10:55	10:21:41	10:22:00	0:00:19	10:22:15	0:04:58
4	10:27:13	10:27:42	0:00:29	10:31:31	0:03:49	10:31:40	10:43:08	0:11:28	10:43:32	10:43:53	0:00:21	10:44:12	0:04:55
5	10:49:07	10:49:32	0:00:25	10:54:13	0:04:41	10:54:20	11:06:06	0:11:46	11:06:31	11:06:54	0:00:23	11:07:10	0:04:59
6	11:12:09	11:12:34	0:00:25	11:16:17	0:03:43	11:16:23	11:28:16	0:11:53	11:28:41	11:29:07	0:00:26		
prmedios			0:00:24		0:04:09			0:11:40			0:00:21		0:05:35
segundos			24		249			700			21		335
minutos			0,40		4,15			11,67			0,35		5,58

Tabla N° 6. Sexto día de observaciones.

Ciclos	Llega. Frente	Inicio de carga	T.M de carga	Culm. Carga	T. de carga	Slida Frente	Llegada al Frente	Alida	Inicio de Descarga	Culm.de Descarga	T.de Des	Salida.P De	Retorno
1	9:08:37	9:09:11	0:00:34	9:15:12	0:06:01	9:15:18	9:27:01	0:11:43	9:27:32	9:27:58	0:00:26	9:28:12	0:05:05
2	9:33:17	9:33:57	0:00:40	9:38:11	0:04:14	9:38:19	9:51:01	0:12:42	9:51:27	9:51:52	0:00:25	9:52:02	0:06:07
3	9:58:09	9:58:33	0:00:24	10:04:13	0:05:40	10:04:37	10:16:12	0:11:35	10:16:42	10:17:03	0:00:21	10:17:17	0:05:07
4	10:22:24	10:22:48	0:00:24	10:26:11	0:03:23	10:26:20	10:38:19	0:11:59	10:38:47	10:39:10	0:00:23	10:39:21	0:06:57
5	10:46:18	10:46:53	0:00:35	10:50:49	0:03:56	10:51:00	11:03:13	0:12:13	11:03:27	11:03:52	0:00:25	11:04:05	0:06:08
6	11:10:13	11:10:51	0:00:38	11:15:16	0:04:25	11:15:22	11:27:14	0:11:52	11:27:53	11:28:14	0:00:21	11:29:14	0:06:11
7	11:35:25	11:35:46	0:00:21	11:42:13	0:06:27	11:42:38	11:54:06	0:11:28	11:54:29	11:54:57	0:00:28	almuerzo	
promedios			0:00:31		0:04:52			0:11:56			0:00:24		0:05:56
segundos			31		292			716			24		356
minutos			0,52		4,87			11,93			0,40		5,93

Tabla N° 7. Séptimo día de observaciones.

ciclos	parámetros												
	Llega. Frente	Inicio de carga	T.M de carga	Culm. Carga	T. de carga	Slida Frente	Llegada al Frente	Alida	Inicio de Descarga	Culm.de Descarga	T.de Des	Salida.P De	Retorno
1	9:13:07	9:13:50	0:00:43	9:17:10	0:03:20	9:17:21	9:30:02	0:12:41	9:30:37	9:30:58	0:00:21	9:31:19	0:05:08
2	9:36:27	9:37:06	0:00:39	9:40:13	0:03:07	9:40:17	9:52:14	0:11:57	9:52:23	9:52:51	0:00:28	9:53:33	0:04:14
3	9:57:47	9:58:24	0:00:37	10:01:32	0:03:08	10:02:08	10:14:16	0:12:08	10:14:42	10:15:09	0:00:27	10:15:24	0:04:59
4	10:20:23	10:20:57	0:00:34	10:25:23	0:04:26	10:25:32	10:36:11	0:10:39	10:36:42	10:37:11	0:00:29	10:37:21	
promedios			0:00:38		0:03:30			0:11:51			0:00:26		0:04:47
segundos			38		210			711			26		287
minutos			0,63		3,50			11,85			0,43		4,78

Tabla N° 8. Octavo día de observaciones.

ciclos	parámetros												
	Llega. Frente	Inicio de carga	T.M de carga	Culm. Carga	T. de carga	Slida Frente	Llegada al Frente	Alida	Inicio de Descarga	Culm.de Descarga	T.de Des	Salida.P De	Retorno
1	10:09:51	10:10:23	0:00:32	10:15:11	0:04:48	10:15:23	10:27:01	0:11:38	10:27:14	10:27:41	0:00:27	10:27:50	0:05:26
2	10:33:16	10:33:52	0:00:36	10:38:12	0:04:20	10:38:22	10:50:13	0:11:51	10:50:21	10:50:43	0:00:22	10:50:56	0:06:23
3	10:57:19	10:57:52	0:00:33	11:02:03	0:04:11	11:02:17	11:14:23	0:12:06	11:14:39	11:14:56	0:00:17	11:15:02	0:06:11
4	11:21:13	11:22:47	0:01:34	11:25:16	0:02:29	11:25:22	11:36:14	0:10:52	11:36:51	11:37:13	0:00:22	11:37:22	0:04:53
5	11:42:15	11:42:47	0:00:32	11:46:50	0:04:03	11:50:01	12:03:11	0:13:10	12:03:19	12:03:51	0:00:32	12:04:00	0:06:10
6	12:10:10	12:10:42	0:00:32	12:15:27	0:04:45	12:15:32	12:26:37	0:11:05	12:26:53	12:27:17	0:00:24	almuerzo	
promedios			0:00:43		0:04:06			0:11:47			0:00:24		0:05:49
segundos			43		246			707			24		349
minutos			0,72		4,10			11,78			0,40		5,8

Tabla N° 9. Valores medios y medioponderados de las operaciones del transporte automotor.

<b>T.M de Carga</b>	<b>T. de Carga</b>	<b>T. r. cargado</b>	<b>T.Descarga</b>	<b>T.r Vacío</b>	<b>ciclos</b>	
0,38	4,23	11,62	0,33	5,73	5	
0,53	4,17	12,43	0,3	5,1	5	
0,53	4,15	11,67	0,32	5,4	6	
0,43	4,87	11,48	0,37	5,9	8	
0,4	4,15	11,67	0,35	5,58	6	
0,52	4,87	11,93	0,4	5,93	7	
0,63	3,5	11,85	0,43	4,73	4	
0,72	4,1	11,78	0,4	5,8	6	
						<b>T.de Ciclo</b>
<b>0,52</b>	<b>4,26</b>	<b>11,80</b>	<b>0,36</b>	<b>5,52</b>	<b>47</b>	<b>22,46 min</b>
<b>0,51</b>	<b>4,33</b>	<b>11,78</b>	<b>0,36</b>	<b>5,58</b>		<b>22,56 min</b>

Anexo 2

Tabla N° 10. Tabla de comparaciones de los parámetros y producción de la cantera.

	<b>Condiciones ideales</b>	<b>Condiciones reales</b>
Velocidad cargado km/h	35	7,5
Velocidad vacío km/h	40	16,13
Diatancia a recorrer km	1,5	1,5
Tiempo de r. cargado. h;min	2,57	11,78
Tiempo de recorrido vacío h;min	2,25	5,58
Tiempo de maniobra .min	0,51	0,51
Tiempo de carga .min	4,43	4,33
Tiempo de descarga. Min	0,36	0,36
<b>Tiempo total de ciclo min ;h</b>	<b>10,12</b>	<b>22,56</b>
Capacidad real de carga del camión. t	34,05	34,05
Volumen real de carga del camión in situ m <sup>3</sup>	21,28	21,28
Esponjamiento. m <sup>3</sup>	1,6	1,6
Eficiencia del trabajo	70,00%	70,00%
Duración de jornada laboral	12,5	12,5
Horas de trabajo al día. h	8,75	8,75
Cantidad de ciclos por hora	4,15	1,86
Horas de trabajo/mes	23,30	23,30
Días de trabajo/mes	204	204
Productividad horaria del camión. m <sup>3</sup> /h	88,0	40,0
Productividad por turno del camión. m <sup>3</sup> /h	770,0	350,0
Horas de trabajo/año	2.450	2.450
Productividad anual del camión. m <sup>3</sup> /a	215.600	98.000
Productividad anual de la planta	171.500	171.500
Cantidad de camiones requeridos	0,80	1,75
Disponibilidad del parque. %	50,00%	50,00%
Parque inventarial de camiones	1,59	3,50

Anexo 3

Tabla N° 11. Cálculo del costo de transportación

<b>Cálculo del costo de transportación</b>	Real	Ideal
Cantidad de equipos requeridos	2	1
Cantidad de equipos en el parque	4	2
Número de choferes	4	2
Salario mensual \$	771,88	771,88
Tiempo de trabajo, meses	12	12
<b>Gasto por concepto de salario \$</b>	<b>37.050</b>	<b>18.525</b>
Precio de adquisición del equipo \$	300.000	300.000
Costo de Neumaticos \$/h	5,71	5,71
<b>Gastos de Neumaticos \$</b>	<b>55.958,00</b>	<b>27.979,00</b>
Tiempo de vida útil, Años	5	5
<b>Gasto por concepto de depreciación del equipo \$</b>	<b>240.000</b>	<b>120.000</b>
Consumo de combustible por camion l/h	18	18
Total de horas de trabajo año	4.900	2.450
Precio de combustible \$/L	0,87	0,87
<b>Gasto por concepto de combustible año \$</b>	<b>76.734</b>	<b>38.367</b>
Costo de mantenimiento \$/h	10,58	10,58
<b>Gasto por concepto de mantenimiento \$</b>	<b>51.842</b>	<b>25.921</b>
Costo de lubricante es el 15 % del combustible	0,15	0,15
<b>Gasto por concepto de lubricante \$</b>	<b>11.510</b>	<b>5.755</b>
<b>Gastos directos durante la explotación \$</b>	<b>473.094</b>	<b>236.547</b>
Gastos indirectos \$	47.309	23.655
<b>Gastos totales \$</b>	<b>520.404</b>	<b>260.202</b>
Productividad anual de la cantera m <sup>3</sup>	171.500	171.500
<b>Costo de Producción por m<sup>3</sup> extraído \$/m<sup>3</sup></b>	<b>3,03</b>	<b>1,52</b>



Anexo 4

Figura N°1. Volvo A 40 D en los caminos de la cantera Victoria II.



Figura N°2. Volvo A 40 D en los caminos de la cantera Victoria II



Figura N°3. Retro excavadora en el frente de arranque de la cantera Victoria II



Figura N°4. Vista de un sector del camino minero.



Figura N°5. Planta de procesamiento Victoria II.



Figura N°6. Descarga del mineral en molino de la Planta Victoria II.



Figura N°7. Parqueo de los camiones.



Anexo 7

Figura N° 8. Imagen satelital de la cantera.



Figura N° 9. Plano de las concesiones del yacimiento Victoria II.

