

República De Cuba

Ministerio De Educación Superior
Instituto Superior Minero-Metalúrgico De Moa
"Dr. Antonio Núñez Jiménez"
Facultad De Geología-Minas
Departamento de Minas

TRABAJO DE DIPLOMA

Tesis en opción al título de Ingeniero en Minas

Título: Sistema Automatizado De Cálculo Del Transporte Automotor Minimizando los Tiempos Improductivos.

Autor: Samuel Kwabena Alamisi

Tutor: Dr.C. Santiago Oscar Bernal Hernández

"Año 56 de la Revolución" Moa-2014

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaro que soy el único autor de este trabajo y autorizo al Departamento de Minas y a
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez" para que hagan e
uso que estimen pertinente con el mismo.

Para que así conste firmo la presente a los	días del mes de	del	
raia uue asi conste iiiilo la biesente a los	ulas del Illes de	uei	

Samuel Kwabena Alamisi Nombre Completo del Autor

Dr.C Santiago Oscar Bernal Hernández

Nombre completo del Tutor

PENSAMIENTO





"LA MUERTE ES ALGO INEVITABLE. CUANDO UN HOMBRE HA HECHO LO QUE ÉL CONSIDERA COMO SU DEBER PARA SU PUEBLO Y SU PAÍS, PUEDE DESCANSAR EN PAZ. CREO QUE HE HECHO ESE ESFUERZO Y QUE, POR LO TANTO, DORMIRÉ POR TODA LA ETERNIDAD."

NELSON MANDELA.

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida y todo lo que soy.

A mis padres y familiares: Por haber confiado siempre en mí, darme las fuerzas para llegar hasta aquí y alcanzar las metas trazadas.

A mi novia: Marieyis González Ricardo la cual amo mucho.

A mis tutores: Santiago Oscar Bernal Hernández, Antonio Cutiño y Ricardo por colaborar para la realización de este trabajo, porque en el momento preciso dieron lo mejor de sí para que este día fuera posible.

A los profesores de la carrera: Que colaboraron con mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

'Dad gracias a Dios en todo, porque esta es la voluntad de Dios para con vosotros en

Cristo Jesús. "

1ra Tesalonicenses 5:18.

A Dios, por ser mi Salvador, amigo incondicional y padre inigualable.

A mi novia: Marieyis por ayudarme a crecer y darme una gran dosis de amor sin pedir nada a cambio.

A mi padre: James Awuni, por su apoyo ilimitado, porque es especial.

A mis hermanos: Cristiana, Nicholas, Margaret, Vivian e Isaac, por formar parte de mí, por brindarme su cariño, su amor y darme la felicidad de contar con ellos.

A mi madre: Mobillah Cristiana, por ser un ejemplo sincero de amor, paz, cariño, bondad y amistad.

A Julio Montero Matos y Ramón Polanco Almanza por ser esos amigos, profesores y padres que Dios puso en mi camino para guiarme y apoyarme.

A Abdul Fataw, Buba y Eddy Uboho, por ser esos hermanos especiales, llenos de bondad y sentimientos extraordinarios.

A mis tutores: Santiago Bernal Hernández, Antonio Cutiño y Ricardo, por haberme apoyado de manera incondicional en la realización de la investigación, por dedicarme muchas horas de su valioso tiempo, y por su confianza en mí.

A mis amigos: Enma, 'Minas 09', Jona, Chino, Fisonga, Justino, Faustin, Sem y Koffi los que han sido como mis hermanos por su ayuda prestada en cada momento que los necesité.

A todas las personas que se preocuparon por mí y le pedían a Dios por mi éxito en esta investigación.

A todos los profesores de la facultad de Ingeniería en minas, que de una forma u otra me ayudaron para alcanzar este éxito.

A los nombrados hoy y a quienes imperdonablemente no he recordado... ¡Muchas Gracias!

Resumen

La aplicación del método existente de cálculo del transporte automotor al orientarse a garantizar la máxima productividad de las excavadoras y no considerar la coordinación mutua, casual y racional del trabajo de la excavadora y el camión, conduce a grandes pérdidas de tiempos improductivos de los camiones en el ciclo cerrado.

El sistema automatizado de cálculo del transporte automotor permite disminuir los tiempos improductivos, establece con mayor precisión la cantidad de camiones en el conjunto excavadora-camión en comparación con el método tradicional.

La aplicación del sistema automatizado en el caso de estudio (por ejemplo, Yagrumaje Norte) permitió reducir la cantidad de camiones en dos, se obtuvo que el 46% del tiempo de trabajo del camión es improductivo, para un perjuicio económico de 1952.09 \$/turno; el 8.72% del tiempo de trabajo de la excavadora es improductivo; para un aumento del coste de producción de 55.32 \$/turno; el costo mínimo de los tiempos improductivos de los equipos para el caso estudiado es de 2007.42 \$/turno.

Palabras claves: transporte automotor, sistema automatizado, tiempo improductivo y ciclo cerrado.

Summary

The application of the existent method of calculation of the mining transport when considered only to guarantee the maximum productivity of the excavator and not considering the mutual, casual coordination and rational of the work of the excavator and the truck leads to big losses of unproductive times of the trucks in closed cycle.

The automated system of calculation of the mining transport allows reducing the unproductive times, with more precision the quantity of trucks in the combined excavator-truck in comparison with the traditional method.

The application of the automated system in the case of study (for example Yagrumaje North), allows to reduce the quantity of trucks in two, it was obtained that 46% of the time of work of the truck is unproductive; for an economic damage or loss of 1952.09 \$/shift; 8.72% of the time of work of the excavator is unproductive; for an increase of the cost of production of 55.32 \$/shift; the minimum cost of the unproductive times of the excavator-truck for the studied case is 2007.42 \$/shift.

Key words: mining transport, automated system, unproductive time and closed cycle

Índices

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA	
I.1 Introducción	3
I.2 Antecedentes	3
I.2.1 Estado de la temática en Cuba	5
I.2.2 Estado de la temática a nivel internacional	6
CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DEL OBJETO DE LA INVESTIGACIÓI	N 10
II.1 Introducción	
II.2 Estado y situación actual de los equipos de arranque y carga en la empresa Ern Che Guevara	esto
II.3 Caracterización de la Unidad Básica Minera	10
II.3.1 Ubicación geográfica	10
II.3.2 Breves características geológicas de los yacimientos	
II.4 Descripción del flujo tecnológico de la Unidad Básica Minera	
II.5 Caracterización del transporte automotor existente en la Unidad Básica Minera	
II.6 Modo de explotación y apertura	18
II.6.1 Sistema de explotación	18
II.7 Determinación de la duración de la carga del camión por la excavadora	19
II.7.2 Características técnico-operativas del camión VOLVO A40F _{fs}	19
II.7.3 Características de las excavadora LIEBHERR-R 874	20
CAPÍTULO III. SISTEMA AUTOMATIZADO DE CÁLCULO DEL TRANSPORTE	
AUTOMOTOR	22
III.1 Fundamentos teóricos para el Sistema Automatizado de cálculo del conjunto excavadora—camión según el ciclo cerrado	22
Tabla 3.0 Conjunto de servicio	
III.2 Indicaciones metodológicas para el Sistema Automatizado de cálculo	
III.3 Monitoreo de las operaciones mineras	
Tabla 3.1 Datos generales del periodo monitoreado a las operaciones mineras	
Tabla 3.2 Ciclo de trabajo de los Camiones	
III.4 Pantallas del Sistema Automatizado de cálculo para el usuario	
III.5 Análisis técnico-económico de los resultados	
Tabla 3.3 Costo mínimo de los tiempos improductivos por los camiones y las excava asignados por la mina ECG	adoras
Tabla 3.4 Costo mínimo de los tiempos improductivos, reduciendo el tiempo de carg	a a 50
Tabla 3.5 Costo mínimo de los tiempos improductivos por Método tradicional	43

ANEXOS	
BIBLIOGRAFÍA	
RECOMENDACIONES	.52
CONCLUSIONES	.51
IV.3 Afectaciones del transporte automotor en la mina al medioambiente	.49
IV.2 Protección y conservación de los terrenos durante la actividad minera	.47
IV.1 Impacto ambiental producido por la actividad minera al paisaje	46
HIGIENE AL TRABAJO	.46
CAÌTULO IV: PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y SEGURIDAD E	
Tabla 3.7 Costo mínimo de los tiempos improductivos considerando los ciclos de trabajo del camión y la excavadora	
Tabla 3.6 Costo mínimo de los tiempos improductivos, reduciendo el tiempo de carga a %	.43

INTRODUCCIÓN

La industria minera constituye la base de materia prima para la industria metalúrgica. Sin metales no podría subsistir prácticamente ninguna rama de un país. La eficiencia de la industria metalúrgica depende en gran medida de la calidad del material que se le suministra. Existe una estrecha relación entre ambas industrias, todo el proceso funciona como un sistema donde intervienen trabajos geológicos, de extracción, transporte del mineral, proceso de beneficio y planta metalúrgica.

Las menas extraídas deben ser trasladadas por camiones a través de vías de comunicación con trazas y pendientes irregulares, este proceso tecnológico al ser el más caro, depende en gran medida el éxito o el fracaso de la empresa minera.

La extracción y transporte del mineral, es la actividad fundamental de la mina, por lo cual todos los trabajos mineros, están encaminados a que esta se realice exitosamente y dentro de ella, el proceso de transporte.

El transporte del mineral es un elemento de gran importancia en el flujo tecnológico de cualquier empresa minera. La elección, puesta en marcha y funcionamiento del tipo de transporte, exige la mayor rigurosidad en cuanto a su factibilidad económica y disponibilidad técnica.

Históricamente este ha sido uno de los elementos más problemáticos de la industria del níquel, debido fundamentalmente a las características inherentes de los yacimientos lateríticos, como son, una humedad casi perenne en los frentes de trabajo y la topografía accidentada típica de estos yacimientos. Por otro lado, con el paso de los años han ido aumentando las distancias de tiro del mineral. Todo esto trae aparejado que los sistemas de transporte diseñados no sean lo suficientemente eficientes, según lo planificado. En la actualidad estos fenómenos han ido en retroceso debido a la introducción de tecnologías de punta y a la aparición de nuevas formas de planificar la transportación del mineral.

En la empresa Comandante Ernesto Che Guevara esta actividad se inició con la utilización de dragalina ESH–5/45, que tenía capacidad de cuchara de 5m³ combinada con camión rígido, a partir del año 1997 se introdujo la retroexcavadora hidráulica con capacidad de cuchara de 4m³ combinada con camión articulado. Con ambos conjuntos de equipos no se logra la eficiencia de explotación proyectada.

Es por ello que el <u>Problema</u> que fundamenta este trabajo es, la necesidad de diseñar un sistema automatizado de cálculo del transporte automotor que contemple la coordinación

mutua, casual y racional del trabajo del equipamiento de arranque-carga y transporte, para disminuir los tiempos improductivos.

El objeto de estudio de esta investigación es sistema automatizado de cálculo del conjunto excavadora y camión. El campo de acción o aplicación es el conjunto excavadora y camión.

El objetivo general de este trabajo es elaborar un sistema automatizado de cálculo para el conjunto excavadora-camión que permita disminuir los tiempos improductivos en el ciclo cerrado.

Para cumplir el objetivo general se desarrollaron los siguientes objetivos específicos:

- > Evaluar el estado de la temática a nivel nacional e internacional.
- Realizar la caracterización geológico-minera de los yacimientos.
- Perfeccionar el modelo matemático que permita revelar nuevos parámetros que rigen la interacción mutua casual del ciclo de trabajo de la excavadora y los camiones.
- Comprobar la validez del sistema de cálculo elaborado mediante la aplicación en estudio de caso.

En la formulación de la **hipótesis** se parte del hecho de que si se considera y modela matemáticamente la coordinación mutua casual del trabajo del conjunto excavadoracamión, que tome en cuenta la duración casual de los parámetros de los ciclos de trabajo; entonces se puede obtener un sistema automatizado de cálculo de la cantidad de camiones que permita disminuir sus tiempos improductivos.

Para el cumplimiento de los objetivos previstos se aplicaron métodos teóricos y empíricos de la investigación científica. Entre los métodos teóricos se emplearon los siguientes:

- > Histórico Lógico para el análisis y fundamentación del problema.
- > Hipotético-Deductivo para la formulación de la hipótesis.
- Análisis de criterios técnicos económicos de la explotación de los equipos mineros.

Métodos Empíricos;

- Observación.
- Consulta de Expertos.
- Análisis de Documentos.
- Estudio de Caso.

CAPITULO I. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

I.1 Introducción

El incremento de los niveles de producción conlleva a la búsqueda de nuevos métodos de trabajo encaminados al perfeccionamiento técnico, organizativo y a la disminución de los costos del mismo. Entre los principales objetivos de las empresas Socialistas se encuentra el lograr una correcta armonía entre la producción, la calidad y los recursos que se emplean para obtener la misma, con un alto grado de eficacia. El Perfeccionamiento Empresarial exige a las organizaciones, cambios de modelos en función de lograr un alto grado de eficiencia.

Es de vital importancia además, la correcta organización del trabajo, puesto que es una de las principales vías para obtener incrementos productivos; la productividad constituye uno de los principales indicadores que permiten medir el crecimiento económico, por lo que al asumir que es necesario la mejora de la misma, es indispensable su medición, para identificar niveles de desarrollo y avance, y determinar estrategias de mejoramiento, formas de gestión y organización de la producción, mediante la motivación y participación de todos los trabajadores, ello conlleva a una mejora continua, siendo una de las vías principales la disminución de los tiempos improductivos, incluso los tecnológicos, que muchas veces pasan desapercibidos, porque están enmarcado dentro del proceso normal de trabajo del equipo como sucede en este caso, es por ello que el estudio de la temática que aborda el trabajo es de gran actualidad para la industria del níquel en general.

I.2 Antecedentes

Las menas lateríticas de las cortezas de intemperismo de Cuba, fundamentalmente en su parte oriental, son conocidas desde hace más de 200 años. En 1762, durante el desarrollo de la guerra anglo-española, el perdigón fue objeto de atención para la obtención de hierro.

Después de 1902, Estados Unidos de América comenzó a mostrar interés por nuestras cortezas de intemperismo, relacionada con determinadas pruebas tecnológicas realizadas con las lateritas. Así, entre 1904 y 1907, en la región de Mayarí, las compañías norteamericanas realizaron trabajos de explotación en las lateritas. Los aceros producidos a partir de estas menas se denominaron aceros especiales Mayarí.

Durante todo este tiempo, las lateritas cubanas se estudiaban solo como menas de hierro, y al níquel y al cobalto que contenían, no se les daba atención especial.

Desde 1901 hasta 1916, un grupo de científicos realizaron trabajos sobre las lateritas de Cuba; entre ellos resaltan los nombres de Hayes, Vaughan, Spencer, Weld, Kemp, Cox, Little, Cummings, Millar, Woolbridge, Drake, Leit, Meat y Guardiola.

La explotación de las menas lateríticas para su exportación comenzó en 1930, en relación con la crisis económica del capitalismo; poco después, cuando fueron abiertos los yacimientos de Ni de Nueva Caledonia y de Kalimatán, en Borneo, se comenzó a pensar en la posibilidad de considerar nuestras menas como niquelíferas y no como ferruginosas. Fue entonces que las empresas norteamericanas comenzaron a realizar rápidamente estudios tecnológicos de las menas y organizaron el trabajo para la construcción de una planta procesadora; puesto que, producir una tonelada de Níquel en nuestro país resultaba mucho más económico que trasladar el mineral en bruto a las refinerías en EUA.

En 1935 las empresas yanquis desarrollaron grandes trabajos de exploración en la región de Nicaro-Mayarí y, en 1943, fue construida una planta en Nicaro, denominada Comandante René Ramos Latour. En dos años la planta trató cerca de 1900 toneladas de menas niquelíferas, con contenido de 1.39% de Ni; el producto final, sinter de Ni, se exportó hacia EUA.

Al mismo tiempo que esto sucedía, varias compañías norteamericanas, ante los éxitos obtenidos, se dedicaron a realizar trabajos de exploración en todas las áreas lateríticas del país, y señalaron las regiones de más perspectivas; de esta época datan los trabajos de Tayer (1942), Tayer, Guiad (1947), Baragwanath, Millán, Davis (1955), Fischer, Dressel (1959), Lewis, Straczer (1955), y otros.

Después del triunfo de la Revolución, en 1959, comenzó el proceso de estudio profundo y detallado de nuestros recursos niquelíferos sobre una base sistemática y de forma detallada. Una segunda planta había sido comenzada a montar en Moa, fue terminada por la Revolución y recibe el nombre de Comandante Pedro Soto Alba. A diferencia de la planta de Nicaro, que produce sinter, esta produce sulfuro de Ni.

Con la colaboración de especialistas del campo socialista, fundamentalmente de la URSS, se desarrollaron importantes estudios para ampliar el conocimiento de nuestras menas lateríticas-ferruginosas-niquelíferas-cobaltíferas, tanto en el volumen de sus reservas, como en la calidad de las menas y las características de los yacimientos.

Varios investigadores han tratado la temática relacionada con la determinación de propiedades del mineral laterítico y la influencia de las mismas en los transportes

utilizados para su acarreo y en los distintos procesos que componen su procesamiento para la obtención del producto final.

Comentario [MP1]: Que objetivo tiene este acapite de la hisotia de la mineria dle niquel

I.2.1 Estado de la temática en Cuba

(García et al 2006; Guerra et al, 2009), evaluaron los indicadores técnicos—productivos de los equipos mineros y como conjunto excavadora—camión, hasta determinar el número de camiones por excavadoras, pero no proponen soluciones para las diferentes condiciones de trabajo en el ciclo cerrado, no tienen en cuenta los tiempos improductivos de los equipos, ni el carácter casual de la coordinación de los procesos de arranque-carga con el transporte, ni de la duración del ciclo de trabajo del camión.

Cisneros (2003), 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 hace una valoración de la coordinación casual del trabajo del equipo de arranque-carga con el transporte, ni la duración casual de las operaciones del ciclo de trabajo de los camiones para su mejor elección.

Gelkys (2010), propone y describe una serie de criterios a tener en cuenta en la elección del equipamiento minero, criterios que integró en un procedimiento para la elección del proveedor de equipamiento minero. Estos criterios son: precio, calidad, estado técnico, garantía, tecnología probada, avances tecnológicos, servicios postventa, capacitación, puesta en marcha, asistencia técnica, infraestructura de mantenimiento, oportunidad y uniformidad. Pero en el procedimiento en el cálculo de la productividad no valora los tiempos casuales de la duración de los ciclos de trabajo, utiliza la metodología del Manual de áridos que está orientada a la utilización máxima de la productividad de las excavadoras.

Martínez (2013), determinó la productividad y consumo de combustible del camión volvo A40F_{fs} y de las excavadoras en la mina de la Empresa Comandante Che Guevara.

Pero en su trabajo el no hace una valoración de la coordinación mutua casual del trabajo, ni la duración de las operaciones.

Santiague (2012), elabora un procedimiento de cálculo del transporte automotor que tiene un gran valor científico metodológico pero no permite establecer la cantidad de camiones al no revelar un parámetro fundamental que caracteriza la coordinación mutua casual del

ciclo de trabajo excavadora-camión, por imperfecciones de su modelo matemático lo que imposibilita su automatización.

I.2.2 Estado de la temática a nivel internacional

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 incidencia del carácter casual de la duración de las operaciones de los equipos, ya que toma valores constantes, ni a la duración de los tiempos improductivos tecnológicos, en el costo de explotación de la maquinaria minera.

Maxera (2002), 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 excavadoras y camiones así como los ciclos de trabajo. No evalúa el carácter casual de la duración de las operaciones mineras, ni la coordinación tanto cuantitativa como cualitativa casual de los procesos contiguos de arranque-carga y el de transporte, y no considera al camión y la excavadora como un conjunto donde; cuando la excavadora desarrolle su máxima productividad los tiempos improductivos de los camiones aumentan.

Ortiz et. al. (2002), diseñan 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 físicos

químicas de los materiales y 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 necesitados, herramientas requeridas, adiestramiento del personal), económicos (costos de propiedad, de operación, de amortización y de arrendamiento). En la metodología no incluye la duración casual del ciclo de trabajo de los equipos, ni la coordinación casual de los parámetros de los procesos de arranque-carga y de transporte.

Cisnero (2003), plantea que el Diseño de Explotación a Cielo Abierto 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 incluyen la versatilidad de los operadores y los equipos no relaciona las pérdidas por el carácter casual de la duración de las operaciones mineras a cielo abierto y parte por utilizar una metodología de cálculo que garantiza la productividad máxima de las excavadoras en detrimento de grandes tiempos improductivos del transporte.

Herrera (2006), 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 considera la duración de los ciclos de trabajo en la metodología de cálculo de los equipos en los diferentes sistemas de explotación, como constantes y por lo tanto no analizó la importancia de la coordinación mutua casual de la explotación de las excavadoras y los camiones y su influencia en el rendimiento de los mismos, la metodología de cálculo empleada garantiza la productividad máxima de las excavadoras en detrimento de la de los camiones, aumentando sus tiempos improductivos y por lo tanto no permite buscar la eficacia en la duración de los tiempos improductivos de las excavadoras y la de los camiones para minimizar los costos de producción.

.

Cooke (2008), hace referencia a una flota de camiones en la mina de Cobre y Oro, La Sierrita, en Arizona, Estados Unidos. El autor se refiere a una serie de medidas que se

han tomado para aumentar el rendimiento de estos y mantener la disponibilidad por encima del 90%. En 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 no se refieren medidas para eliminar el efecto específico de los tiempos improductivos, no considera la duración casual de los procesos de carga-transporte en la operación minera y no relaciona la coordinación mutua racional de la explotación de las excavadoras y los camiones.

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 evitar en estas minas la afectación que provoca al rendimiento y al costo de explotación de las maquinarias, las pérdidas por tiempos improductivos tecnológicos debido al carácter casual de la duración de las operaciones mineras y a la falta de una coordinación racional entre los procesos de carga y transporte.

La Metodología para el cálculo de la cantidad de camiones aplicada en el Centro de Investigación y Proyecto Giproruda incluye los parámetros y coeficientes que generalmente se utilizan en los diferentes métodos para el cálculo del número de camiones (productividad del camión, coeficiente de utilización de la capacidad de carga del camión, coeficiente de utilización del turno, capacidad de carga nominal del camión, etc.), siendo común que los tiempos productivos sean constante, es decir se toma la media de varias mediciones, sin considerar la duración casual de las operaciones, no considera el camión y la excavadora como un conjunto en interrelación casual durante el desarrollo del turno. (Diakov, 2011 a).

En la Metodología de cálculo de la cantidad de camiones aplicada en el Centro de Investigación y Proyecto Giproníquel, (Diakov, 2011 b), parte de relacionar la duración del ciclo de trabajo del camión con el tiempo de carga del camión. Esta metodología

evalúa los tiempos como constantes por lo que no consideran el carácter casual de los mismos, no relacionan al camión y la excavadora como un conjunto en interrelación.

Los problemas de la coordinación mutua cuantitativa de la explotación de los camiones y de las excavadoras fueron examinados en los trabajos de (Vaciliev, 1983; Spivakovky, 1983) y otros. En todos estos trabajos la coordinación mutua de la explotación de las excavadoras y de los camiones se planteó por métodos determinísticos, sin considerar la influencia de los factores de carácter casual, por lo que no fueron obtenidos los parámetros que le permitieran establecer y actuar sobre los tiempos improductivos para minimizarlos desde el punto de vista técnico-económico.

Herrera et. al (2002), muestran una de las metodologías más completa para la selección de equipamiento minero, pero se considera en ésta, al igual que las metodologías anteriormente descritas, que no se considera la duración casual de las operaciones, ni la coordinación del trabajo como conjunto de los camiones y las excavadoras.

CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DEL OBJETO DE LA INVESTIGACIÓN

II.1 Introducción

La necesidad de elevar la efectividad de la producción y el incremento de la productividad, constituyen una premisa indispensable para lograr los índices de mejora del nivel de organización en cualquier empresa y disminuir los costos sin detrimento de la calidad de la producción; dentro de los parámetros necesarios para la organización y planificación del trabajo, se encuentra la disminución de los tiempos improductivos y la correcta coordinación del trabajo de los procesos contiguos que ocupa un lugar privilegiado.

La organización, control y planificación del trabajo, juega un papel muy importante porque incide directamente en el incremento de la productividad y en los niveles de producción de una entidad, a evaluar las diversas variantes de la organización de un proceso, de un puesto de trabajo, los métodos y procedimientos del trabajo, las formas de división y cooperación existente.

II.2 Estado y situación actual de los equipos de arranque y carga en la empresa Ernesto Che Guevara

En las empresas del Grupo Empresarial Cubaníquel y específicamente en la Ernesto Che Guevara, el desarrollo de la minería se realiza con equipos de alta tecnología de diseño, sin embargo es conocido que para realizar una tarea o proyecto determinado se utiliza mayor cantidad de equipos de lo que se planifica, debido a que históricamente no se alcanza el rendimiento necesario, por lo que resulta esencial elevar la utilización del transporte automotor y sobre todo disminuir el tiempo improductivo del equipamiento minero.

II.3 Caracterización de la Unidad Básica Minera

II.3.1 Ubicación geográfica

El área de ubicación de la fábrica Comandante Ernesto Che Guevara se encuentra al norte del yacimiento de Punta Gorda, ubicado en la provincia Holguín, en la costa norte,

entre los ríos Moa y Yagrumaje, a 4 Km de la Ciudad de Moa y a 2 Km del pueblo de Punta Gorda y forma parte del macizo montañoso de Sagua-Moa-Baracoa. (Figura 1).



Figura 1. Plano de ubicación de la zona de la Concesión Minera.

El Relieve de la zona se caracteriza por su inclinación hacia el Norte con rangos de pendientes variables y desmembrado en tres sectores por valles muy profundos, correspondientes a las áreas ínter fluviales Moa–Lirios–Yagrumaje, que se caracterizan por las formas aplanadas con cañadas y valles formados en el período de peniplanización con los desniveles relativos del relieve que oscilan entre 70 y 110 m, siendo las cotas absolutas de 0-185 m.

El Clima es tropical, la temperatura media anual es aproximadamente 27 °C, en el verano de 30 °C a 32 °C y en el invierno de 22 °C a 26 °C. En el año hay dos períodos de lluvia, correspondientes a los meses Mayo-Junio y Octubre-Diciembre; y dos períodos de seca, Febrero-Abril y Julio-Septiembre. La cantidad de precipitaciones oscilan en amplios límites y el promedio es de 1700–1800 mm al año. Durante el verano las lluvias se presentan en forma de chaparrones y en el invierno son prolongadas. La red fluvial, está representada por los ríos Moa al Norte, Yagrumaje al Sur y Este, Los Lirios al Oeste y está atravesado por el arroyo La Vaca.

II.3.2 Breves características geológicas de los yacimientos

La concesión minera de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara está constituida por los siguientes yacimientos, Punta Gorda, Yagrumaje Norte, Yagrumaje Oeste, Yagrumaje Sur, Camarioca Este. (Figuras. 2a y 2b)



Figura 2a. Composición de la concesión minera de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

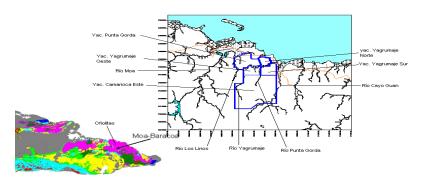


Figura 2b. Composición de la concesión minera de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

Yacimiento Punta Gorda: El área está limitada por las coordenadas del Sistema Lambert X = 699~800-704~100, Y = 218~600-221~900. Las coordenadas geográficas $Y = 20^{\circ}~38'~2"$, $X = 74^{\circ}~52'~8"$, con los siguientes límites naturales: al Norte por las aguas del Océano Atlántico, al Sur la línea convencional que lo separa del yacimiento Yagrumaje Oeste, al Oeste el yacimiento Moa Oriental, al Este las elevaciones que constituyen la línea divisoria de las aguas del Río Yagrumaje.

Yacimiento Yagrumaje Norte

Tiene un área general de 2 km² con forma bastante regular de dimensiones de 1.8 Km de largo y 1.4 km de ancho, ubicándose en una meseta aplanada al norte del Río Yagrumaje. Este, tiene una inclinación de sur a norte desde las cotas 100-110 m hasta 20–40 m, la diferencia de las cotas absolutas dentro de los límites del yacimiento explorados es de 88 m variando de 108–200 m.

Yacimiento Yagrumaje Sur

Éste, ocupa un área de 3.65 km². Las rocas que componen el sustrato principalmente son, ultramáficos de harzburgitas con un desarrollo fuerte de la serpentinización.

Yacimiento Yagrumaje Oeste

Ocupa un área de 4.36 km². Las rocas que componen el sustrato son representativas del corte ofiolítico.

Yacimiento Camarioca Este: Presenta un área total de 19 km² y una potencia media de 4.90 m. Por su yacencia, es una corteza de tipo superficial desarrollada en forma de manto, en ocasiones interrumpida por afloramientos de la roca madre.

II.4 Descripción del flujo tecnológico de la Unidad Básica Minera

La Unidad Básica Minera está destinada fundamentalmente a suministrar la materia prima a la fábrica Comandante Ernesto Che Guevara que cuenta con un esquema tecnológico basado en la lixiviación carbonato amoniacal del mineral reducido o proceso Carón. Inició sus operaciones mineras en 1985, con la explotación de los minerales del Yacimiento Punta Gorda, con producciones anuales hasta el año 1996 entre 1.5 a 2.3 millones de toneladas de mineral minado y a partir del año 1997 hasta 2005 se incrementó de 3.0 a 3.8 millones de toneladas. Actualmente las labores mineras se desarrollan en los yacimientos Punta Gorda Yagrumaje Norte, y Yagrumaje Sur. La superficie de la zona minada es de aproximadamente 2 854 400 m².

La construcción de los caminos mineros: garantiza el transporte del mineral hasta la planta o el punto de recepción del mineral. Los caminos se clasifican en principales o secundarios de acuerdo para el uso a que estén destinados. Los caminos principales tienen una vida relativamente larga, transportan la masa minera desde los frentes mineros

a los puntos de recepción, sirven a varios frentes de minería y deben cumplir con los requisitos siguientes:

- Construirlos fundamentalmente sobre las escombreras inactivas o zonas no mineralizadas.
- Tener pocas curvas y lo más amplias posibles en concordancia con el relieve (alineación horizontal).
- > Soportar el peso de los equipos, sin sufrir deformaciones tanto en tiempo seco como húmedo, con pendientes inferiores a las que puedan sortear estos cargados.
- Tener adherencia y poca resistencia a la rodadura, buena compactación, drenaje y terminación de la rasante.
- > Ancho en función del tamaño, velocidad y densidad de flujo de los equipos.
- > El costo de ejecución y mantenimiento debe ser mínimo.

Los caminos secundarios sólo sirven a uno o dos frentes mineros y tienen que cumplir con los requisitos siguientes:

- > Seguir el flujo o planificación de la extracción del mineral.
- > Ser lo más planos y estables posible, no deben de contaminar el mineral.
- Permitir el paso de las excavadoras y el giro de los camiones.

El montaje de líneas eléctricas: para el abastecimiento de energía a los frentes de minería e infraestructuras mineras tienen que ser diseñadas de acuerdo a la estrategia de minería a mediano y largo plazo. Requisitos que deben tener las líneas eléctricas:

- Su trazado se hará preferentemente por zonas no mineralizadas o de poco interés económico para la etapa con vida útil relativamente larga.
- > Ser accesibles sin interferir los caminos de las excavadoras.
- ➤ La distancia entre dos líneas paralelas, exteriores al área planificada no debe de exceder 1,5Km.

El Drenaje: por las condiciones hidrogeológicas difíciles de estos yacimientos, es muy necesario reducir la humedad del mineral y evitar las pérdidas del mismo alojado en los fondos de los frentes mineros. La efectividad del drenaje depende de factores naturales tales como la transmisibilidad del cuerpo mineral, el relieve, las características de la zona de alimentación y régimen de lluvia, así como la configuración del fondo del mineral. En los yacimientos en explotación han sido muy efectivos los trabajos de drenaje que relacionamos a continuación:

- Canal colector por la parte superior del área, cortando el manto freático. Es más efectivo que el anterior, depende de las condiciones mineras del área.
- Combinación de ambos canales.
- Realización de la minería en forma de anillos inicialmente y luego realizarla por franjas transversales de arriba hacia abajo. Es efectivo, pero requiere que toda el área esté destapada con antelación.

En la elaboración de los planeamientos se prevé un esquema de distribución de las zonas de minería, que facilitan un descenso en el manto freático, aplicando cada tipo de drenaje acorde con las condiciones minero—geológicas.

Extracción y transporte del mineral

Es la actividad fundamental de la mina, por lo cual todos los trabajos mineros están encaminados a que esta se realice exitosamente, pero a la vez la extracción y el transporte de los minerales están subordinados a las exigencias del proceso industrial y a las condiciones naturales del yacimiento, por lo que se precisa de un punto de recepción, beneficio y homogeneización que equilibre las fluctuaciones en los volúmenes y la calidad del mineral procedente de los frentes de minería, el cual en la práctica no existe como tal, pues el existente no cumple con los requisitos necesarios.

Actualmente estas operaciones se hacen con dragalinas modelo ESH-5/45, retroexcavadoras marca volvo y Liebher, modelos EC 650 y R 974 y R 984 y camiones articulados volvo A-40F_{fs}. El mineral se transporta hasta depósitos intermedios, clasificados por los diferentes tipos de minerales y con un proceso tecnológico, a prueba en su implementación, para secarlo antes de alimentarlo a los puntos de recepción y trituración de mineral y al proceso metalúrgico.

La extracción se realiza con dragalinas ESH-5/45 con un alcance de 36,7 m y una profundidad de corte máxima de 22 m, lo que se adapta bastante a las condiciones de potencia de los yacimientos en explotación, no así a la complejidad del cuerpo mineral lo que conduce a pérdidas y empobrecimiento. La introducción de retroexcavadoras hidráulicas modelos R974, R984, 800–H5, 460, ha permitido la extracción en zonas donde existen intercalaciones de gabros o bloques flotantes y en áreas con condiciones hidrogeológicas difíciles. Esta actividad debe de cumplir con los requisitos siguientes:

Conocimiento previo de las características geológicas y mineralógicas del área de extracción.

- Buena calificación del personal de operación y control de la extracción y transporte mineral.
- Cumplir la planificación provocando el mínimo de pérdidas, el empobrecimiento y que la calidad del mineral oscile en los valores promedio planificados por etapas.
- > Evitar que queden reservas aisladas y produzca el drenaje natural del área.
- Condiciones de trabajo seguras para los equipos y lograr adecuada proporción entre las de arranque, carga y transporte.

Punto de Recepción y trituración de mineral

El mineral procedente de la mina se deposita en dos tolvas, las cuales están provistas de una criba fija en la parte superior y de un alimentador de placas en la parte inferior. De las tolvas pasa a la criba vibratoria donde es separado en dos fracciones más de 100 y menos 100 mm. Las fracciones más 100 pasan a una trituradora de martillo donde son reducidas a menos 40 mm que se unen nuevamente con las fracciones menos100 mm. A través de los de transportadores de bandas No.1-A y B, el mineral pasa al transportador No.2, el cual mediante el transportador reversible No.3, pasa a los transportadores No.4-A o B, los que depositan el mineral en las galerías, desde donde, mediante el uso de grúas de puentes es almacenado o enviado directamente a secaderos. También puede realizarse el enlace de los transportadores 4-A y 4-B con los 14 y 15, los que trasladan el mineral directo a la fábrica sin pasar por el depósito.

II.5 Caracterización del transporte automotor existente en la Unidad Básica Minera

En la actualidad todos los equipos de transporte de masa minera desde los frentes de arranque y carga hasta las tolvas de recepción del mineral, escombro y de depósitos en la Unidad Básica Minera son equipos adquiridos en la modalidad de contrato sin opción de compra (Leasing).

Ventajas que proporcionan los arrendamientos de equipos

- Garantía de Inventario de piezas de rápido desgaste para el período de arriendo.
- Supervisión técnica por el período de arriendo del fabricante de equipos.
- ➤ Los riesgos por futuras reparaciones del equipamiento, que pudieran ser costosas son asumidos por el arrendador, las cuales al realizarse tendría que pagarla la empresa y ahora este gasto se aplana entre los 36 meses del arrendamiento,

- además de ser responsabilidad del arrendador el cambio de los equipos que no alcancen la disponibilidad pactada.
- ➤ En caso de roturas del equipo se dificulta la obtención de una nueva garantía para solicitar y recibir un crédito para sustituir el equipo roto.
- ➤ En la opción de arrendar la cuota a pagar se mantiene invariable, aun cuando el arrendador incurra en sobre gastos por algún concepto.
- ➤ No se posee la necesaria infraestructura comercial y de mantenimiento para garantizar los niveles de disponibilidad exigidos.
- Asistencia técnica del proveedor sesiones por el período de arriendo.

Exigencias del Transporte Automotor en las minas a cielo abierto

- Carga y descarga completa para acortar el tiempo de estas operaciones.
- Alta maniobrabilidad para hacer un trabajo efectivo en las condiciones estrechas de las excavaciones mineras.
- Gran estabilidad y buen rodaje de paso en condiciones de relieve difíciles y movimientos por caminos malos.
- En los ascensos y descensos prolongados de los camiones, característicos para las condiciones de las minas a Cielo Abierto, tener la capacidad para desarrollar suficiente velocidad en relación con la necesidad de acortar el círculo de trabajo de la máquina.

Ventajas del Transporte Automotor con relación a otros tipos de transportes mineros

- ➤ Gran maniobrabilidad por el poco radio de giro (15 50 m).
- ➤ Posibilidad de vencer grandes pendientes (34.9 38.6%).
- Posibilidad de trabajar en pequeñas plazoletas.
- Garantizar una gran intensidad de los trabajos mineros, debido a que se utilizan mejor los equipos de carga.
- ➤ El transporte automotor cuando se utiliza con las excavadoras tienen una mayor productividad, que el transporte ferroviario.
- Menor inversión de capital, con respecto al transporte ferroviario.

Desventajas del Transporte Automotor con relación a otros tipos de transportes mineros

> Menos productividad del trabajo comparado con el transporte ferroviario.

- ➤ La utilización de los motores de combustión interna (Diesel) contaminan la atmósfera.
- Gran gasto de gomas los cuales son muy costosas.
- Mayor influencia de las condiciones climatológicas.
- Complejidad del mantenimiento y reparaciones.
- > Consumo de combustible.

II.6 Modo de explotación y apertura

El modo de explotación aplicado es el clásico a cielo abierto con la utilización de medios mecánicos. La apertura en forma de trincheras o canales magistrales a todo largo del talud. Es decir con el empleo de trincheras principales y el posterior desarrollo de trincheras secundarias a los diferentes frentes de trabajo.

II.6.1 Sistema de explotación

El sistema de explotación empleado es longitudinal sin profundización en forma de abanico, desplazamiento horizontal de las rocas de destape a las escombreras exteriores e interiores y desplazamiento de la roca del mineral a los almacenes o a las tolvas de la instalación de recepción del mineral. Después del arranque de las rocas por la excavadora la carga es directa al transporte automotor, mediante excavadora de arrastre andante o dragalina. Este sistema es el tradicional tiene la ventaja de lograr una mezcla más homogénea del mineral al realizar la extracción de las lateritas y la serpentina al mismo tiempo. Se aplican camiones articulados o rígidos con excavadoras dragalinas.

A partir del año 1997 se han aplicado otros sistemas de explotación provocado por la adquisición de nuevos equipos mineros entre los que se citan:

- ▶ Bancos múltiples: se utilizan retroexcavadoras, las cuales han demostrado mayor ventaja debido a que se logra mayor selectividad, pueden trabajar en cualquier tipo de relieve y en cualquier potencia, poseen alta movilidad. Los parámetros de la explotación por bancos son los siguientes: altura del banco de 2 a 3m, ángulo de inclinación del talud 75 grados, ancho del banco 10.35m. El transporte del material es con camiones articulados.
- Combinado: Se utiliza la excavadora andante DRAGALINA para potencias de 10m o más con pendientes menores de 10% y la retroexcavadora hidráulica para

potencias hasta 10m con pendientes mayores de 10% y para la minería de fondo, operando en uno o varios escalones a la vez en diferentes frentes. Además se combina la excavadora DRAGALINA o retroexcavadora hidráulica para la extracción del mineral, depositándolo a los laterales del corte y con el cargador frontal sobre neumáticos cargar a los camiones articulados. El transporte es tanto con camiones rígidos como articulados.

II.7 Determinación de la duración de la carga del camión por la excavadora

Para el análisis del tiempo de carga de un camión se realizó un cronometraje a estos equipos teniendo en cuenta varios factores que influyen en el resultado final, para mostrar con claridad el carácter casual de las variables sometidas a control:

- ➤ Cronometraje a operarios de experiencia y habilidades promedio y que cumplan con las medidas de seguridad establecidas, así como realizar una comparación entre operarios de menos y mayor experiencia y habilidades.
- ➤ El estado de la humedad en el frente de arranque, el que puede estar muy seco o húmedo.

II.7.2 Características técnico-operativas del camión VOLVO A40F_{fs} Sistema de dirección

El diseño del sistema de dirección proporciona una fuerza superior, incluso a bajas velocidades de la máquina fuera de las condiciones de operación, por ejemplo en presencia de fangos profundos. El humedecimiento hidráulico protege la transmisión de los impactos y traqueteos a la dirección (volante) y al operador. El sistema también asegura la precisión de la dirección y la estabilidad direccional al circular a gran velocidad en los caminos, pues no hace falta para el operador compensar con el volante.

Ciclo de trabajo

Un ciclo de trabajo típico de un camión articulado incluye la carga, viaje (transportación), maniobras y descarga. Las máquinas Volvo A40F_{FS} realizan estos funcionamientos de la manera más eficaz y segura, superando a otros modelos.

On Board weighing (el equipo Optativo):

El equipo OBW— montado en el exterior de la máquina. Esto ayuda la carga nominal y previene el exceso de carga evitando a la máquina tener un consumo excesivo de combustible. OBW registra todas las cargas transportadas y los datos se reflejan al instante mediante una pantalla (display).

Sistema de Carga y Descarga

EL sistema de carga y descarga de ese modelo aumenta la productividad y la seguridad, facilitando la operación y evitando el desgaste del operador. Para la carga y descarga, bastando con solamente apretar un botón de aplicación automática de servicio de freno y cambiando la transmisión al neutral. Al terminar la operación mientras se selecciona una velocidad, se desactiva el botón soltando el freno lentamente.

Para más información sobre las características y los parámetros del camión Volvo A40F_{fs} se puede ver en el anexo 1.

II.7.3 Características de las excavadora LIEBHERR-R 874

La pala inversa hidráulica (retroexcavadora) (Anexo.3.1) se compone de pluma y astil, unidos por una viga, la inclinación que se forma por la relación con la pluma se fija mediante una tracción. El giro de la pluma, astil y cuchara en el movimiento de trabajo se produce correspondientemente por los ejes con los hidrocilindros.

La Retroexcavadora LIEBHERR - R974C tiene las ventajas siguientes:

- Mayor selectividad del mineral, debido a su astil rígido, tiene un ataque al mineral más preciso, que la Dragalina.
- Alta movilidad.
- Trabaja en cualquier tipo de relieve y potencia.
- Aumenta el volumen de mineral extraído por su carga más continúa (menor tiempo de ciclo) que la Dragalina.

Sus limitaciones en cuanto a su aplicación son:

- No permite la mezcla del mineral en el frente.
- No es recomendable su utilización donde existe alta humedad.

Comentario [MP2]: Este anexo no existe debe ser anexo 2

- Es común que se sumerge parcialmente a partir del segundo banco del mineral por su aumento de humedad dada la presión específica que ejerce la máquina sobre el suelo.
- No es recomendable su utilización cuando el relieve es accidentado y no haya intercalaciones de gabros.

Comentario [MP3]: Que objetivo tiene hablar de esta retro si no es la que se usa en la mina

CAPÍTULO III. SISTEMA AUTOMATIZADO DE CÁLCULO DEL TRANSPORTE AUTOMOTOR

III.1 Fundamentos teóricos para el Sistema Automatizado de cálculo del conjunto excavadora-camión según el ciclo cerrado

En los tiempos actuales en la mina de la empresa Ernesto Che Guevara predomina el sistema de servicio de las excavadoras con la fijación a ella de una determinada cantidad de camiones a lo largo del turno, es decir trabajo según el ciclo cerrado.

En los tiempos actuales la teoría de las colas encuentra numerosas aplicaciones en la rama de los servicios y el abastecimiento pero debe ser elaborado el sistema automatizado de cálculo para recibir aplicación en la coordinación de los procesos de arranque—carga y transporte en los frentes de arranque para las condiciones de los yacimientos lateríticos por lo que resulta novedoso a escala internacional.

La cantidad necesaria de camiones N_c para el conjunto excavadora—camión, se determina por la fórmula tradicional:

$$N_c = \frac{\frac{2L}{V_m} + t_d + t_{md}}{t_c + t_{mc}} + 1$$

Donde:

L-es la distancia de transportación en; Km

V_m- velocidad media de los movimiento de los camiones; Km. /h

Tc, Td son los tiempos de carga y de descarga respectivamente; h

Tmc, Tmd-son los tiempos de maniobra para la carga y la descarga respectivamente; h

En el cálculo de la cantidad de camiones a asignar a la excavadora en este tipo de ciclo, se supone una llegada rítmica de los camiones a la carga. Realmente el tiempo de viaje de los distintos camiones es una variable casual que depende de la calificación de los chóferes, de la regularidad del servicio de combustible, del estado técnico de los camiones, del desgaste de los neumáticos, de los distintos niveles de fatiga de los conductores, estado de los caminos mineros, humedad de los caminos, etc.

El carácter casual de la duración del viaje de los camiones permite interpretar el trabajo del conjunto excavadora—camiones, como un proceso de la teoría de las colas. Donde la instalación de servicio en este caso es la excavadora, y la llegada de los camiones a la

carga provoca el flujo de exigencia. En este caso el flujo de exigencia en la carga de los camiones es simple y para su descripción es suficiente calcular la esperanza matemática de la cantidad de exigencias (camiones), que ingresan a la carga en la unidad de tiempo. En el caso analizado el conjunto de servicio se muestra en la tabla 3.0

Tabla 3.0 Conjunto de servicio

Conjunto que recibe el servicio	Conjunto que da el servicio	Contenido del servicio	Contenido de la exigencia
Conjunto de camiones que se le asignan a una excavadora	La excavadora que realiza las labores de arranque-carga de la mena.	Arranque del mineral (mena) y carga al medio de transporte.	Carga de material hasta la escombrera, depósito y la planta.

La excavadora junto con los camiones fijados a ella se analiza como un sistema de la teoría de las colas, el cual puede encontrarse en k estados, donde:

K= 0, 1, 2, 3....n

n-es la cantidad de camiones que son servidos por una excavadora. Estos estados corresponden a: 0 todos los camiones en trabajo (en movimiento y en descarga); un camión se encuentra en la carga y los restantes n-1 en trabajo; 2 camiones se encuentran en el lugar de la carga y los restantes n-2 en trabajo; etcétera.

En el caso mostrado la cantidad de camiones al servicio que ingresan al conjunto en la unidad de tiempo, los momentos de ingreso de los camiones, el tiempo que es necesario en el servicio del camión que ingresa, y el tiempo de espera del servicio, y también otras variables bajo la acción de una serie completa de causas pequeñas, casuales, que no se someten a un cálculo exacto. Por ello las tareas que están relacionadas con tales conjuntos de servicio, se resuelven por los métodos probabilísticos.

La teoría de las colas estudia las leyes cuantitativas de los procesos, que están relacionadas con las colas, elabora los métodos matemáticos, halla las características fundamentales para la elaboración de los procesos de funcionamiento del conjunto de servicio.

En el conjunto de servicio al transporte, se debe utilizar el sistema con cola, los índices fundamentales de su trabajo son: la cantidad de camiones en la espera y el tiempo de

espera (tiempo improductivo tecnológico). En este caso la exigencia es que el camión espera y no abandona el conjunto de servicio, hasta tanto no sea cargado.

Si la cantidad de camiones que son servidos es limitada, entonces el camión a través de algún tiempo regresa al conjunto por un nuevo servicio, a tales conjuntos se le denominan cerrados. Evidentemente, en tales conjuntos la cola al servicio siempre es limitada. Si la cantidad de exigencias que ingresan es grande entonces ellas ingresan continuamente, a tales conjuntos se le denominan abiertos.

El flujo de exigencia.

El flujo de exigencia, que ingresa al conjunto de servicio se le denomina flujo de entrada, el conocimiento del conjunto de servicio debe comenzar con el flujo de entrada.

La cantidad de exigencias que ingresan en la unidad de tiempo se examina como una variable de duración casual. Por su característica completa, sirve la ley de distribución de Poisson, que son los denominados flujos simples.

En este caso se demuestra, que para los flujos simples la cantidad de camiones que ingresan al sistema en la unidad de tiempo, se someten a la ley de distribución de Poisson, es decir la probabilidad Pk de que al conjunto de servicio durante el tiempo t ingresa k exigencias, se calcula según la formula;

$$P_k = \frac{n(n-1)\dots[n-(k-1)]}{k!} P_O\left(\frac{\lambda}{v}\right)^k$$

La cantidad media de camiones, que ingresan en el tiempo t viene dada por la esperanza matemática de K (t)

 $M[K(t)] = \lambda t$

La cantidad media de exigencias que ingresan en la unidad de tiempo es igual a λ .

Duración del servicio.

La duración del servicio de una exigencia, es una magnitud casual, la cual puede variar en un diapasón amplio. La ley de distribución de esta variable pueden ser las más diversas. En este caso el tiempo de servicio de un camión por una excavadora V

M (t carga)= T carga = $\frac{1}{V}$

Dónde:

 $^{1}/_{V}$ _Es el tiempo medio de servicio (carga) de un camión por una excavadora se expresa en min/camión.

Cuando el sistema de servicio consta de una excavadora (m = 1). Sea λ la intensidad de llegada de los camiones a la zona de carga partiendo de un camión, y 1/V es el tiempo medio del servicio de un camión. (Se dan los distintos estados del sistema)

Analicemos la probabilidad de los distintos estados del sistema. Designemos por P_0 la probabilidad de que en el momento dado en el servicio no se encuentra ni un camión y a través de Pk la probabilidad de que en el momento dado en el servicio de carga se encuentren k camiones de n posibles (k=1,2,3,....n)

De donde son correctas las siguientes relaciones

P1= n Po λ /V

 $P2 = n(n-1) (n-2) /3! Po (\lambda /V)^2$

 $Pk = n(n - 1)... [n-(k-1)] / k! Po (\lambda / V)^k$

Conociendo Pk (k = 0, 1,2,3.... n) se pueden calcular los parámetros fundamentales de la coordinación mutua del trabajo de la excavadora y de los camiones en el ciclo cerrado.

III.2 Indicaciones metodológicas para el Sistema Automatizado de cálculo

Se tiene un conjunto de m excavadoras para el servicio de n camiones en diferentes frentes, la cantidad de los cuales es limitado. Se supone que el flujo de exigencia en los camiones al servicio por la excavadora, que ingresan al sistema en la unidad de tiempo se somete a la ley de distribución de Poisson.

La excavadora junto con los camiones fijados a ella se analiza como un sistema de la teoría de las colas, el cual puede encontrarse en k estados, donde:

n-es la cantidad de camiones que son servidos por una excavadora. Estos estados corresponden a: 0 todos los camiones en trabajo (en movimiento y en descarga); un camión se encuentra en la carga y los restantes n-1 en trabajo; 2 camiones se encuentran en el lugar de la carga y los restantes n-2 en trabajo; etcétera.

Las fórmulas para la determinación de la probabilidad de la llegada simultánea al servicio de camiones se desarrollan de la forma siguiente:

P1= n Po λ /V

P2 = $n(n - 1) (n - 2)/3! Po (\lambda /V)^2$

 $Pk = n(n - 1)... [n - (k - 1)] / k! Po (\lambda / V)^k$

 $Pm = n (n - 1)... [n-(m-1)] / m! Po (\lambda / V)^{m}$

Dónde:

λ: es la cantidad media de camiones, que ingresan al servicio en la unidad de tiempo.

Comentario [MP4]: En ninguna formala pone lo que es cada elemento

 $1/_{V}$: es parámetro de la duración del servicio.

Po: es la probabilidad de que en el momento dado en la carga no se encuentre un camión.

Los parámetros de cálculos fundamentales que caracterizan la coordinación casual del trabajo de la excavadora y de los camiones en el ciclo cerrado se determinan según las fórmulas:

> La cantidad media de camiones, que se encuentran en la carga.

$$a = M(k) = \sum_{k=0}^{n} kPk$$
; Unidade

Comentario [MP5]: Quien son esos factores de la formula

> El coeficiente de tiempo improductivo de un camión.

$$Tic = \frac{a}{n} = \frac{\sum_{k=0}^{n} kPk}{n} \times 100$$
; \%

Comentario [MP6]: Quien son las elemtos de la formula

Probabilidad de que todas las excavadoras resulten ocupadas y surja la cola en el servicio:

$$Pco = \sum_{k=m}^{n} Pk$$
 ; En partes de la unidad

> Cantidad media de camiones, que esperan el servicio.

$$b = M(k - m) = \sum_{k=m}^{n} (k - m)Pk$$
; En partes de la unidad

Coeficiente de tiempo improductivo del camión en la espera del servicio.

$$\beta = \frac{b}{n} = \frac{\sum_{s=0}^{n-m} s P_{m+s}}{n} \times 100 \; ; \; \%$$

Tiempo medio de espera del servicio.

$$Tesp = \frac{b}{n\lambda} = \frac{1}{n\lambda} \sum_{s=0}^{n-m} sPm + s \qquad ; min$$

> Parte del tiempo de trabajo de la excavadora que no es utilizado.

$$C = M(m-k) = \sum_{k=0}^{m} (m-k)Pk$$
 ; En partes de la unidad

> Coeficiente de tiempo improductivo de la excavadora que da servicio.

$$Tie = \frac{C}{m} = \frac{\sum_{k=0}^{m} (m-k)Pk}{m} \times 100$$
 ; %

Con la disminución del tiempo improductivo de la excavadora y el aumento de la cantidad de unidades de transporte, se aumenta el tiempo improductivo de los camiones y, a la inversa con la disminución de la cantidad de camiones para el servicio por la excavadora aumenta el tiempo improductivo de ella pero se disminuye el tiempo improductivo de los camiones en la espera de carga.

Por criterio de optimización para establecer la cantidad de camiones es tomada el mínimo de los costos de los tiempos improductivos del equipamiento

$$\sum_{i=1}^{n} (Cca + Cex)$$
 ; \$/turno

Dónde:

Cca y Cex-son respectivamente el costo del tiempo improductivo de un camión y de la excavadora, \$/equipo/turno.

$$Cca = TieCmt(ca)$$

$$Cex = TieCmt(ex)$$

Dónde:

Cmt (ex) y Cmt (ca), son los costos de los tiempos improductivos del equipo-turno de la excavadora y de los camiones respectivamente, \$/ equipo/turno.

III.3 Monitoreo de las operaciones mineras

Se efectuó un monitoreo detallado de las operaciones mineras del proceso de arranque—carga y transporte del mineral en la mina de la ECG, en las tablas 3.1 y 3.2 se muestran los equipos y áreas previstas en la planificación de la mina durante el monitoreo de las operaciones en cada una de las jornadas de trabajo.

Los principales variables determinados fueron:

- > Ciclo de trabajo de la excavadora.
- > Tiempo de carga del camión.
- > Distancia recorrida (cargada y vacía).
- > Tiempo de muestreo.
- > Tiempo de maniobra para la carga y descarga.
- > Tiempo de descarga.
- > Consumo de combustible.
- Masa en la cama del camión.
- ➤ Velocidad del camión (40-20 Km/h).

Tabla 3.1 Datos generales del periodo monitoreado a las operaciones mineras

Fecha	Equipo Carga	Equipo Transp	Hora Inicio	Hora Final	Tiempo Monitor	Yaci- miento	Dist. Km	# Cami. Asigna.	t/turno Exc
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
28-ene	W	Α	07:19	17:20	10:01	P. G.	2,0	2	1100
29-ene	W	В	07:20	13:56	06:36	P.G.	2,1	2	1000
03-feb	Х	С	12:35	15:20	02:45	Y.S.	5,1	7	1500
07-feb	Х	D	19:17	4:30	09:13	Y.S.	5,1	7	2500
08-feb	Х	Е	07:26	12:37	05:11	Y.S.	5,1	8	1600
10-feb	Х	F	07:28	16:30	09:02	Y.S.	5,0	8	2600
11-feb	Υ	G	07:21	15:54	08:33	Y.N.	3,9	6	1800
12-feb	Υ	Н	07:35	5:11	9:36	Y.N.	3,9	6	1900
13-feb	Υ	1	07:09	5:34	10:25	Y.N.	3,9	6	2100
15-feb	Х	J	19:28	5:30	10:02	Y.S.	5,0	8	2800
16-feb	Υ	K	19:30	04:30	9:00	Y.N.	4,4	6	2200

Leyenda:

- 1- Fecha de los días monitoreados.
- 2- Siglas de los equipos de carga.
- 3- Siglas de los equipos de transporte.
- 4- Hora inicial del monitoreo.
- 5- Hora final del monitoreo.
- 6- Tiempo monitoreado en el turno.
- 7- Yacimientos donde se monitoreo, P.G (Punta gorda), Y.S (Yagrumaje sur), Y.N (Yagrumaje norte).
- 8- Distancia desde la frente hasta el depósito.
- 9- Número de camiones asignados para cada excavadora.
- 10-Toneladas por turno (total).

Tabla 3.2 Ciclo de trabajo de los Camiones

Comentario [MP7]: En esta tabla no se ve la variacion del ciclo de trabajo

Comentario [MP8]: De donde saca estos valores que son constantes??, de las lecturas del campo?

Facha	Yaci-	Dist.	T.Ce	Тс	TvcRv	Tmc	Td	Tlc	Tmd	CCa
Fecha	miento	Km	Min	min	min	min	min	min	min	u
1	7	8	11	12	13	14	15	16	17	18
28- ene	P. G.	2,0	1.5	6.6	5.55	0.5	0.67	0.83	1	3
29- ene	P.G.	2,0	1.5	6.6	5.55	0.5	0.67	0.83	1	3
03-feb	Y.S.	5,1	0.6	3.7	13.33	0.5	0.67	0.83	1	5
07-feb	Y.S.	5,1	0.6	3.7	13.33	0.5	0.67	0.83	1	5
08-feb	Y.S.	5,1	0.6	3.7	13.33	0.5	0.67	0.83	1	5
10-feb	Y.S.	5,0	0.6	3.7	13.33	0.5	0.67	0.83	1	5
11-feb	Y.N.	3,9	1.05	4.2	10.2	0.5	0.67	0.83	1	4
12-feb	Y.N.	3,9	1.05	4.2	10.2	0.5	0.67	0.83	1	4
13-feb	Y.N.	3,9	1.05	4.2	10.2	0.5	0.67	0.83	1	4
15-feb	Y.S.	5,0	0.6	4.4	16	0.5	0.67	0.83	1	5
16-feb	Y.N.	4,4	1.05	4.4	10.4	0.5	0.67	0.83	1	4

Leyenda

- 11. T.Ce-Tiempo de ciclo de la excavadora.
- 12. Tc- Tiempo de carga del camión por la excavadora.
- 13. TvcRv-Tiempos de viaje cargado y Retorno vacío.
- 14. Tmc-Tiempo de maniobra de la carga.
- 15. Td- Tiempo de descarga.
- 16. Tlc-Tiempo de limpieza de la cama.
- 17. Tmd-Tiempo de maniobra de descarga.
- 18. CCa-Cantidad de camiones necesario en cada yacimiento.

Ciclo de trabajo del camión en cada frente o yacimiento

$$T_{cc} = T.cE + Tc + Tvc + Tmc + Td + Tlc + Tmd \\$$

Donde

T_{cc}=ciclo de trabajo en cada yacimiento

 $T_{ccP,G} = 15,15 \, min$

 $T_{ccY.s} = 20,03 \ min$

 $T_{ccY,N} = 17,4min$

 $T_{ccY,S} = 23,4 \, min$

 $T_{ccY.N} = 17,8min$

Comentario [MP9]: De donde se obtienen estos datos?

Cantidad de camiones en cada yacimiento

$$CCa = \frac{T_{cc}}{T_c}$$

$$CCa_{P.G} = 3$$

$$CCa_{Y,S} = 5$$

$$CCa_{Y,N} = 4$$

$$CCa_{P.S} = 5$$

$$CCa_{Y.N} = 4$$

III.4 Pantallas del Sistema Automatizado de cálculo para el usuario

Antes de utilizar el sistema automatizado el usuario debe instalar el virtual del java.

[4] jdk-7u21-windows-i586.exe 12/3/2013 9:52 AM Application 91,114 KB

Después, haciendo click en el icono Poisson.jar aparece la pantalla principal

Poisson.jar 2/18/2014 6:25 PM Executable Jar File 98 KB



Fig.3 Pantalla principal del programa

En la pantalla principal aparecen dos opciones; Archivo y datos. Haciendo click en datos aparece asi en la pantalla; pedir datos



Fig.4 Donde se pide los datos

Haciendo click en pedir datos aparece así;

≜ PEDIR DATOS	
Archivo Datos	
DATOS PRINCIPALES	
Cantidad de Camiones:	
Camiones que ingresan:	camiones/h
Duración de la Carga:	min/exigencia
Costo de Tiempo Improductivo del Camión:	\$/h
Costo de Tiempo Improductivo de la Excavadora:	\$/h
Aceptar	

Fig.5 Donde se ingresa los datos

En esta pantalla no se puede escribir con letras. Cuando uno escribe con letras, coma etc. Aparece así;



Fig.6 no acepta letras o comas.

Los datos que pide el sistema son;

- > Cantidad de camiones.
- > Camiones que ingresa a la carga.
- Duración de la carga.
- > Costo de tiempo improductivo del camión.
- > Costo de tiempo improductivo de la excavadora.

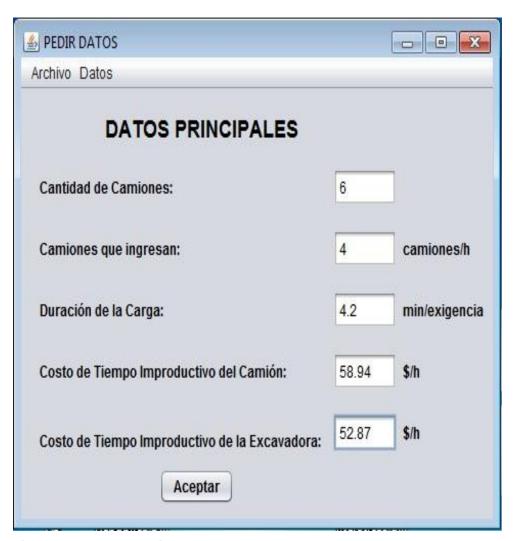


Fig.7 los datos necesario.

Haciendo click en aceptar retorna el usuario de nuevo a la pantalla principal



Fig.8 pantalla principal

Haciendo click de nuevo en datos aparece así;



Fig.9 Si el usuario desea conocer los resultados de los datos ingresado anteriormente debe hacer click en mostrar datos o pedir datos para ingresar nuevos datos.

Haciendo click en mostrar datos aparecen los resultados de los datos ingresados anteriormente.

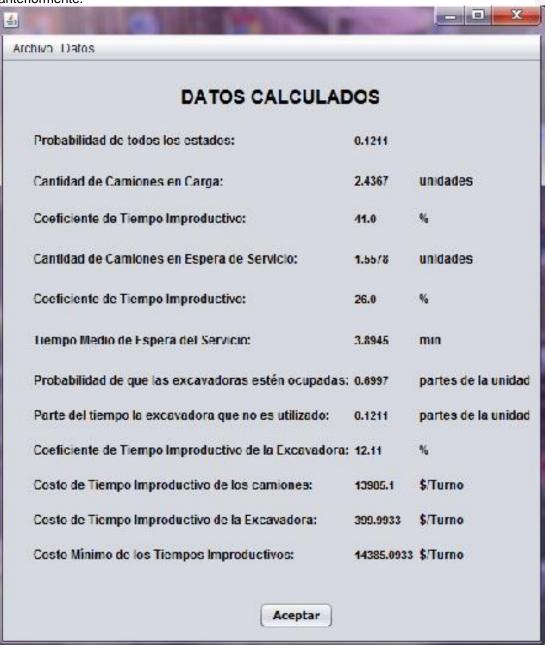


Fig.9 Resultados de los datos

Haciendo click en aceptar retorna de nuevo a la pantalla principal



Fig.10 Pantalla principal

Cuando el usuario termine de usar el programa,

Hay tres maneras de cerrar el programa,

➤ Haciendo click en close(×)



- ➤ Ctrl+F4
- > Click en Archivo y click en salir.

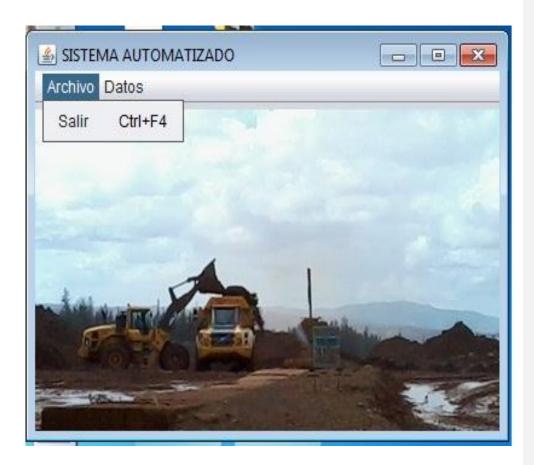


Fig.11 Opción de cerrar el programa.

III.5 Análisis técnico-económico de los resultados

Tabla 3.3 Costo mínimo de los tiempos improductivos por los camiones y las excavadoras asignados por la mina ECG

	Cti.Cam	Cof.tiCam	Cof.tiexc	Cti.Cam	Cti.Exca	Cti.CEx
Yaci	u	%	%	\$/turno	\$/turno	\$/turno
P.G	2	11	80.37	155.60	509.90	665.50
P.G	2	11	80.37	155.6	509.9	665.5
Y.S	7	55	2.98	2723.03	18.91	2741.93
Y.S	7	55	2.98	2723.03	18.91	2741.93
Y.S	8	66	0.47	3734.44	2.98	3737.4
Y.S	8	66	0.47	3734.44	2.98	3737.4
Y.N	6	46	8.72	1952.09	55.32	2007.42
Y.N	6	46	8.72	1952.09	55.32	2007.42
Y.N	6	46	8.72	1952.09	55.32	2007.42
Y.S	8	66	0.5	3734.44	3.17	3737.61
Y.N	6	48	7.66	2036.97	48.60	2085.56

Costo mínimo de los tiempos improductivos = 26135,13 \$/turno

Tabla 3.4 Costo mínimo de los tiempos improductivos, reduciendo el tiempo de carga a 50 %

	Cti.Cam	Cof.tiCam	Cof.tiexc	Cti.Cam	Cti.Exca	Cti.CEx
Yaci	u	%	%	\$/turno	\$/turno	\$/turno
P.G	2	5	89.61	70.73	568.52	639.25
P.G	2	5	89.61	70.73	568.52	639.25
Y.S	7	27	21.65	1336.76	137.36	1474.12
Y.S	7	27	21.65	1336.76	137.36	1474.12
Y.S	8	39	9	2206.71	57.10	2263.8
Y.S	8	39	9	2206.71	57.10	2263.8
Y.N	6	21	34.02	891.17	215.84	1107.01
Y.N	6	21	34.02	891.17	215.84	1107.01
Y.N	6	21	34.02	891.17	215.84	1107.01
Y.S	8	38	9.25	2150.13	58.69	2208.82
Y.N	6	23	31.98	976.05	202.89	1178.94

Costo mínimo de los tiempos improductivos = 15463,14 \$/turno

Tabla 3.5 Costo mínimo de los tiempos improductivos por Método tradicional

	Cti.Cam	Cof.tiCam	Cof.tiexc	Cti.Cam	Cti.Exca	Cti.CEx
Yaci	u	%	%	\$/turno	\$/turno	\$/turno
P.G	4	27	36.07	763.86	228.84	992.70
P.G	4	27	36.07	763.86	228.84	992.70
Y.S	7	55	2.98	2723.03	18.91	2741.93
Y.S	7	55	2.98	2723.03	18.91	2741.93
Y.S	7	55	2.98	2723.03	18.91	2741.93
Y.S	7	55	2.98	2723.03	18.91	2741.93
Y.N	5	40	16.05	1414.56	101.83	1516.39
Y.N	5	40	16.05	1414.56	101.83	1516.39
Y.N	5	40	16.05	1414.56	101.83	1516.39
Y.S	8	66	0.5	3734.44	3.17	3737.61
Y.N	5	42	14.6	1485.29	92.63	1577.92

Costo de tiempo improductivo total= 22817,84 \$/turno

Tabla 3.6 Costo mínimo de los tiempos improductivos, reduciendo el tiempo de carga a 50 %

	Cti.Cam	Cof.tiCam	Cof.tiexc	Cti.Cam	Cti.Exca	Cti.CEx
Yaci	u	%	%	\$/turno	\$/turno	\$/turno
P.G	4	13	61.71	367.79	391.51	759.30
P.G	4	13	61.71	367.79	391.51	759.30
Y.S	7	27	21.65	1336.76	137.36	1474.12
Y.S	7	27	21.65	1336.76 137.36		1474.12
Y.S	7	27	21.65	1336.76	137.36	1474.12
Y.S	7	27	21.65	1336.76	137.36	1474.12
Y.N	5	19	43.31	617.92	274.78	946.69
Y.N	5	19	43.31	617.92	274.78	946.69
Y.N	5	19	43.31	617.92	274.78	946.69
Y.S	8	38	9.25	2150.13	58.69	2208.82
Y.N	5	20	41.38	707.28	262.53	969.81

Costo de tiempo improductivo total= 13433.76 \$/turno

Tabla 3.7 Costo mínimo de los tiempos improductivos considerando los ciclos de trabajo del camión y la excavadora

	Cti.Cam	Cof.tiCam	Cof.tiexc	Cti.Cam	Cti.Exca	Cti.CEX
Yaci	u	%	%	\$/turno	\$/turno	\$/turno
P.G	3	24	49.65	509.24	315.00	824.24
P.G	3	24	49.65	254.62	449.75	704.38
Y.S	5	16	48.43	565.82	307.26	873.08
Y.S	5	16	48.43	565.82	565.82 307.26	
Y.S	5	16	48.43	565.82	307.26	873.08
Y.S	5	16	48.43	565.82	307.26	873.08
Y.N	4	17	53.47	480.95	339.24	820.19
Y.N	4	17	53.47	480.95	339.24	820.19
Y.N	4	17	53.47	480.95	339.24	820.19
Y.S	5	20	41.38	707.28	262.53	969.81
Y.N	4	18	51.77	509.24	328.45	837.69

Costo de tiempo improductivo total= 9289,01 \$/turno

Tabla 3.8 Costo mínimo de los tiempos improductivos, reduciendo el tiempo de carga a 50 %

	Cti.Cam	Cof.tiCam	Cof.tiexc	Cti.Cam	Cti.Exca	Cti.CEx		
Yaci	u	%	%	\$/turno	\$/turno	\$/turno		
P.G	3	12	70.89	254.62	449.75	704.38		
P.G	3	12	70.89	254.62	449.75	704.38		
Y.S	5	7	71.42	247.55	453.12	700.67		
Y.S	5	7	71.42	247.55 453.12		700.67		
Y.S	5	7	71.42	247.55	453.12	700.67		
Y.S	5	7	71.42	247.55	453.12	700.67		
Y.N	4	8	74.21	226.33	470.82	697.15		
Y.N	4	8	74.21	226.33	470.82	697.15		
Y.N	4	8	74.21	226.33	470.82	697.15		
Y.S	5	9	66.69	318.28	422.47	740.75		
Y.N	4	8	73.1	226.33	463.78	690.11		

Costo de tiempo improductivo total= 7733,72 \$/turno

Leyenda;

Yaci-Yacimiento.

Cti.Cam-Cantidad de camiones.

Cof.tiCam-Coeficiente de tiempo improductivo de los camiones.

Cof.tiexc-Coeficiente de tiempo improductivo de la excavadora.

Cti.Cam-Costo de tiempo improductivo de los Camiones.

Cti.Exca-Costo de tiempo improductivo de la excavadora.

Cti.CEx-Costo mínimo de los tiempos improductivos del conjunto Excavadora-Camion.

CAÌTULO IV: PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE Y SEGURIDAD E HIGIENE AL TRABAJO

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

La minería es la actividad industrial básica dedicada a la obtención de georecursos para satisfacer así la creciente demanda humana de materia prima. La conciencia que se tiene hoy de la limitación de los recursos naturales, así como los diversos elementos que constituyen los ecosistemas que nos rodean, obliga a ejercitar las capacidades inventivas y creativas para solucionar los problemas de los pedidos de materias primas minerales, en claro equilibrio con la conservación de la naturaleza, permitiendo así salvaguardar el patrimonio que representa el medio y los recursos naturales para poder legarlo a generaciones posteriores.

Las actividades desarrolladas por el hombre, en su mayor parte son agresivas para la naturaleza, las mineras revisten de especial interés ya que después de producirse la extracción de los recursos minerales y la transportación de las mismas provocan grandes daños a la naturaleza.

IV.1 Impacto ambiental producido por la actividad minera al paisaje

El paisaje de la región ofrece un contraste enorme, entre las partes que aún se encuentran vírgenes o poco afectadas que tienen un aspecto paradisíaco, con respecto a las áreas donde se están realizando los trabajos mineros que tienen una superficie irregular de color marrón, que produce un impacto visual desagradable, muy parecido a un paisaje lunar, el que se puede observar desde la ciudad y la carretera, lo que es una razón más para devolverle la vegetación y modelar el terreno.

Dentro de los impactos ambientales producidos por la explotación de los yacimientos lateríticos podemos enumerar los siguientes:

- Ocupación de grandes extensiones para la extracción de los minerales y para la conformación de los depósitos.
- Contaminación de aguas subterráneas y sus afluentes.
- Formación de cárcavas.
- Derrubio mecánico en los suelos.

- Inestabilidad en los bordes en los caminos y las escombreras.
- Grandes emisiones de polvo a la atmósfera.

En el desarrollo de las labores mineras como en cualquier mina ocasiona daños al medio, en el yacimiento Punta Gorda entre los comunes se citan:

- Erosión de los suelos. Se presenta con la formación de cárcavas, surcos, deslizamiento, mayormente por el efecto de las aguas subterráneas y superficiales.
- Deforestación de las zonas a minar. Eliminación de la capa vegetal para el desarrollo de las labores mineras.
- Contaminación de las aguas (ríos y costeras).
- Afectación visual al paisaje.

Medidas de corrección:

- Diseño eficiente de los parámetros en los frentes de extracción y en los depósitos.
- Garantizar la máxima compactación durante la conformación de los depósitos para reducir las áreas expuestas a la erosión.
- Encausar los arrastres de sedimentos que producen las aguas superficiales hasta las piscinas de sedimentación.
- Relleno de las grietas con materiales sueltos como arcilla, grava y rocas para construir una especie de filtro que detenga los sedimentos.
- Construcción de drenajes para evacuar las aguas superficiales.
- Barreras de corrección hidrológicas.
- Estructuras de postes de madera.
- Mallas.
- Aumentar el factor de seguridad.
- Constante riego de agua en los caminos principales y secundarios.

IV.2 Protección y conservación de los terrenos durante la actividad minera

Para lograr la protección y la conservación de los terrenos durante la actividad minera se pueden emplear numerosos métodos, los que se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- Prevención y/o disminución de la afectación de los terrenos de superficie.
- Recultivación.
- Dentro del primer grupo se ubican una serie de medidas, tales como:

- Perfeccionamiento de la tecnología de los trabajos mineros.
- Ubicación racional de las diferentes obras y construcciones de superficie.
- Disminución de residuos en la actividad minera y la mayor utilización de los que se producen.
- Perfeccionamiento del diseño y construcción de las escombreras y los depósitos de cola.
- Medidas para disminuir la contaminación de los suelos.

En los últimos años se ha mejorado en lo planteado anteriormente y se avanza en este sentido, pero con una deficiencia que se mantiene desde que se inició el desarrollo minero que hace ineficiente cualquier acción que se tome, la capa vegetal de los suelos no se almacena para ser utilizada posteriormente en la rehabilitación de estos, perdiéndose un ecosistema integro.

Recultivación:

La recultivación del terreno es un conjunto de trabajos orientados a la recuperación de la productividad y valor agrícola de los terrenos afectados y también al mejoramiento de las condiciones del medio ambiente.

Para la recultivación de los terrenos afectados por la industria minera del Níquel existen 2 empresas que bajo las condiciones técnicas en que operan cada una, no se realizan los trabajos teniendo en cuenta las normas técnicas en ninguna de las dos etapas, solamente se enmarcan en volúmenes de áreas rehabilitadas que faciliten el cumplimiento de los planes de producción que se hallan trazado y garanticen su cobro de incentivos sin tener en cuenta la calidad que merita el proceso de recultivación de aquellas áreas degradadas por la industria minera y que de ella depende su posterior uso en beneficio de las futuras generaciones.

Muchas veces no se establecen las distancias entre las diferentes variedades de plantas que se cultivan, más bien se rigen por una norma donde se planta una cantidad de árboles por hectáreas sin tener en cuenta las normas técnicas para cada tipo de planta. Las variedades de plantas que pueden cultivarse en esos terrenos como fuentes de alimentación y son de ciclos cortos y permiten obtener cosechas que garanticen su consumo tanto para la empresa o para un poblado y que además pueden ser una fuente de empleo más para la comunidad luego de ser rehabilitados, no se tiene en cuenta por los organismos rectores del gobierno en nuestro país.

Comentario [MP10]: Nada que ver con

IV.3 Afectaciones del transporte automotor en la mina al medioambiente

La transportación de los recursos minerales provoca una serie de afectaciones a la naturaleza dentro de las cuales citamos:

- 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.
- ➤ El derrame de residuos tóxicos en el frente de trabajo ya que esto provoca la contaminación de las aguas superficiales.
- ➤ Los camiones emiten una serie de contaminantes gaseosos que afectan de forma adversa a la salud de los animales y las plantas y a la composición química de la atmósfera.
- ➤ Los medios de transporte emiten un ruido considerable el cual puede producir efectos fisiológicos y psicológicos nocivos para las personas, llegando también a afectar a poblaciones de animales (especialmente de aves), puede ocasionar la pérdida de audición o el insomnio, irritabilidad exagerada.
- ➤ Las emisiones de dióxido de carbono y monóxido de carbono, dos de los principales contaminantes expulsados por los vehículos a motor, contribuyen al calentamiento global y son producto de la combustión de derivados del petróleo.
- ➤ La presencia de niveles elevados de estos productos hacen que la radiación reflejada quede atrapada en la atmósfera, produciendo un efecto de calentamiento que hace subir lentamente la temperatura de la misma.

Medidas para moderar la contaminación de la naturaleza por causas de la transportación de masa minera.

- No derramar residuos tóxicos en el suelo que provoquen la contaminación de las aguas.
- Mantener el riego de agua con pipas a lo largo de las vías, área de plataforma, áreas de taller en períodos de larga sequía.
- Colocar los guarda polvo a los equipos de transporte.

Medidas de seguridad para los camiones:

No posesionarse dentro del radio de acción de la máquina excavadora.

- ➤ Acercarse a cargar solo cuando se esté seguro que el operador que carga lo haya visto y dar señales de tipo visual (luces) o sonoras (claxon).
- > Lograr la mayor horizontabilidad del camión a la hora de ejecutar la carga.
- > Circular por los caminos a velocidades establecidas.
- No circular paralelo, ni adelantar si el camión no está detenido.
- > Depositar el material en los puntos escogidos.
- > No abandonar la posición de sentado cuando esté cargando el camión.
- > No abandonar el camión en pendientes confiando en los frenos de parqueo.
- No circular siempre por las mismas marcas dejadas por el camión anterior, de manera que se puedan evitar las zanjas profundas.

CONCLUSIONES

Después de realizado el presente trabajo se concluye que:

- ➤ El sistema automatizado elaborado al considerar matemáticamente todos los parámetros casuales que determinan la coordinación racional y aleatoria del ciclo de trabajo del conjunto exacavadora-camion, permite establecer la cantidad de camiones y disminuir su número con respecto a método tradicional que se emplea en la actualidad en la mina.
- ➤ La aplicación del sistema automatizado de cálculo en el caso de estudio(por ejemplo Yagrumaje Norte) demuestra una viabilidad tanto técnica como económica ,al reducir la cantidad de camiones en dos y revelar que:
 - El 46 % del tiempo de trabajo del camión es improductivo, para un aumento del coste de producción de 1952.0928 \$/turno
 - El 8.72 % del tiempo de trabajo de la excavadora es improductivo para un aumento del coste de producción de 55.32 \$/turno.
 - El costo mínimo de los tiempos improductivos de los equipos para el caso estudiado es de 2007.416 \$/turno
- La aplicación del nuevo sistema permitirá obtener beneficios económicos sustanciales a causa del aumento de la productividad del transporte, mayor efectividad en el cumplimiento de la planificación minera y en el aumento de la vida útil del yacimiento.

Comentario [MP11]: Puede conjugarse con la 2da

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de factibilidad para adquirir nuevos equipos de Arranque-carga considerando los tiempos improductivos.
- Realizar el estudio de la coordinación cualitativa de la capacidad de la volqueta del camión y de la cuchara que permita tener criterios para su optimización y su variación con las distancias de transportación.
- Desarrollar el procedimiento de cálculo del transporte automotor que permita disminuir los tiempos improductivos, para el caso de organización de la carga del transporte en el ciclo abierto.

BIBLIOGRAFÍA

- ➤ 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.
- > Potapov, M. G. Transporte de cantera. Quinta edición, Moscú, Niedra, 2005.
- Saaty, T.L. Elementos de la Teoría de las Colas. Cuarta edición, Madrid, Aguilar, 2004.
- Vasiliev, K.A., Nicolaev A.K. Máquinas de transporte. San Petersburgo Universidad Técnica Estatal de minería, 2003, ISBN 5-94211-216-9.
- ➤ Lebedev, V.G. Dirección de los gastos en la empresa SPB: Editorial casa Biznes-Pressa, 2010.
- Taksira, K.I. Economía de la empresa, Manual. Moscú, Escuela superior Высшая школа, 2005.
- Spivakovky, A.O. et al. Máquinas de transportes y conjuntos de los trabajos mineros a cielo abierto a, Editorial Niedra, 1983.
- Skobelina, V.P., et al. Estadística. Manual, San Petersburgo Universidad Técnica Estatal de minería, ISBN 5-94211-154-5.
- Maxera (2002) "Aplicación de la simulación para la optimización del acarreo de mineral"
- Herrera (2006), en la edición del artículo "Importancia de la selección del método de explotación"
- Dolgui, I.E. Silantev, A.A. Fundamentos dela producción minera. Editorial San Petersburgo. Versión digital.
- Cooke (2008), "Flota minera alcanza las 100000 horas de funcionamiento y va por más", [en línea], revisada el 14/02/2010, disponible en www.cat.com/viewpoint
- Santiague Y.R. (2012), Procedimiento de cálculo del transporte automotor que permite disminuir sus tiempos improductivos.

Comentario [MP12]: Toda la bibliografia consultado en el cap 1 no s referencia aca La bibliografia no esta en orden logico Toda no estan por la misma norma

- Colectivo de autores. Proyecto de reglamento Protección Higiene del Trabajo "Unión Minera Salinera".1999
- ➢ Ángel Mena, Andrés Guillarte, Carlos Paumier, (2003-2005). Informe de la disponibilidad técnica de los equipos adquiridos en el contrato 30021.
- García De La Cruz, M. "Perfeccionamiento del procedimiento de adquisición y explotación de los equipos mineros en la Empresa niquelífera Comandante Ernesto Che Guevara". Mayda Ulloa (tutor). Tesis de Maestría. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 2008. 113 h.
- > Hernández, P. et. al, Transporte automotor. Ciudad de la Habana: 1999.
- ➢ Informe de Protección e higiene de trabajo. Sub-Dirección de minas "Empresa Cdte. Ernesto Che Guevara".
- Macías, Irma, (2001). "El desgaste abrasivo en los elementos de trabajo de las máquinas agrícolas en Cuba", [en línea], revisada el 13/02/2010, disponible en http://www.monografias.com/trabajos14/maquinasagricolas/maquinasagricolas.shtml
- Manual del VOLVO A40F_{fs}.Traducción al español. Departamento Técnico de la mina de la Empresa Comandante Che Guevara.
- Murakami, Taku; (2009). "Sistema de supervisión Komatsu analizan en detalle los datos de funcionamiento de equipos mineros", [en línea], revisada el 13/02/2010, disponible en http://www.portalminero.com/editor_prensa/notas/1235656946.htm
- Urgellés D. Evaluación de la Eficiencia Económica de las tecnologías aplicadas en el yacimiento "Punta Gorda". Trabajo de diploma. Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, 2004. 67 páginas.
- > VOLVO Construction Equipment Online. Disponible en: http://www.voloce.com

ANEXOS

Anexo1 Dimensiones técnicas del camión A40Ffs

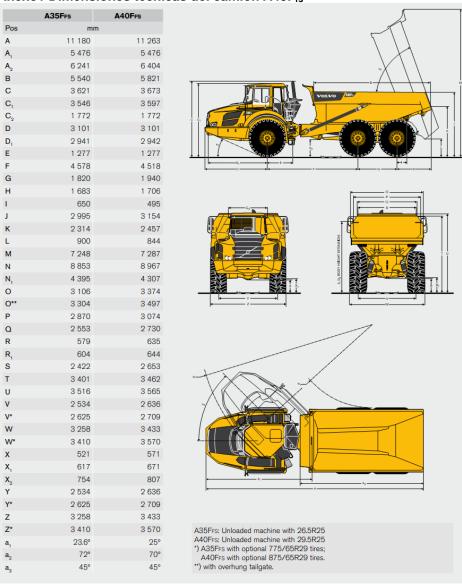


Fig.12 Camión volvo A40Ffs

Anexo 2.0 Retroexcavadora LIEBHERR-R 874

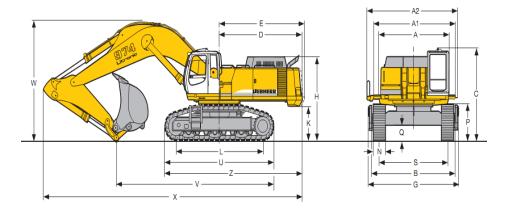


Fig.13 Retroexcavadora Liebherr-R874

Comentario [MP13]: Aca no se pone

Tabla 3.9 Parámetros de la excavadora LIEBHERR-R 874

Peso operativo	81,500-88,200 Kg
Potencia del motor	395kW/537 CV (ISO 9249)
Capacidad de la cuchara	2,20-7,0 m3
Capacidad de la cuchara de descarga por el	4,40-7,50 m3
fondo	
Rendimiento del artefacto	523 Kw -2,100 r.p.m
Longitud del cubo	5,80 m
Anchura cortante	2,900 mm
Max. fuerza de la muchedumbre (SAE)	750 KN/76,5 t
Max. Fuerza de la much.a nivel de la tierra	550KN/56,1 t
(SAE)	
Máxima altura de descarga	8,90 m
Máxima alcance al nivel molido	10,80 m

Comentario [MP14]: Tampoco lleva tabla

Anexo 3.0

Tabla 4.0 Consumo de combustible real, tiempo total recorrido, la distancia total y consumo de combustible por el display

Comentario [MP15]: Los anexos a partir del 3 no se referencias en el cuerpo de la tesi

Combustib	le (L) Real	Tiempo Total		Distancia Total		Combustible(L)
		Recorrido(n)	Recorrido(KM)	
inicial	final	inicial	final	inicial	final	Display
500	220	6283	6294	68704	68830	265.6
505	340	5897	5908	66655	66753	160
510	370	6183	6191	65931	66013	205
495	360	4021	4029	42755	42813	138
490	340	6009	6019	66020	66180	210
510	360	6001	6008	63912	63978	137
505	350	6168	6176	65902	65976	159
525	370	647	651	7712	7777	132.4
530	340	608	614	6743	6817	143.2
485	290	574	584	6153	6244	194
520	460	600	610	6050	6145	185
520	360	571	576	6195	6245	85.9
500	250	594	602	6547	6626	162
505	320	657	667	7284	7382	201.3
520	330	631	640	7263	7360	184

Tabla 4.1 Consumo de combustible por Km y hora

Tabla 4.1 V	Tabla 4.1 Collisatilo de Collibustible por Kill y Ilora									
camiones	Consum	Dist	Tiempo	L/Km	L/Km	L/h	L/h			
	final(L)	final(Km)	final(h)	(real)	(Display)	(real)	(Disp.)			
Α	280	126	11	2.22	2.10	25.45	24.15			
В	165	98	11	1.68	1.63	15.00	8.910			
С	140	82	8	1.70	2.50	17.50	10.25			
D	135	58	8	2.32	2.38	16.88	17.25			
E	150	160	10	0.94	1.31	15.00	21.00			
F	150	66	7	2.27	2.08	21.43	19.57			
G	155	74	8	2.09	2.15	19.38	19.88			
Н	155	65	4	2.38	2.04	38.75	33.10			
I	190	74	6	2.57	1.94	31.67	23.87			
J	195	91	10	2.14	2.13	19.50	19.40			
K	60	95	10	0.63	1.95	6.000	18.5			
L	160	50	5	3.20	1.72	32.00	17.18			
M	250	79	8	3.16	2.05	31.25	20.25			
N	185	98	10	1.89	2.05	18.50	20.13			
0	190	97	9	1.96	2.00	21.11	20.44			

Anexos 4

Tabla 4.2 Cantidad de combustible utilizado y perdido.

CMJT	TTRJ	DTRJ	CCMD	L/Km	L/Km	L/h	L/h	DPCM	CPJL
L	h	Km	L	Real	Display	Real	Display	Km	L
280.00	11.00	126.00	265.60	2.22	2.11	25.45	24.15	160.00	14.00
165.00	11.00	98.00	160.00	1.68	1.63	15.00	14.55	94.29	5.00
140.00	8.00	82.00	205.00	1.71	2.50	17.50	25.63	80.00	65.00
135.00	8.00	58.00	138.00	2.33	2.38	16.88	17.25	77.14	3.00
150.00	10.00	160.00	210.00	0.94	1.31	15.00	21.00	85.71	0.00
150.00	7.00	66.00	137.00	2.27	2.08	21.43	19.57	85.71	0.00
155.00	8.00	74.00	159.00	2.09	2.15	19.38	19.88	88.57	0.00
155.00	4.00	65.00	132.40	2.38	2.04	38.75	33.10	88.57	0.00
190.00	6.00	74.00	143.20	2.57	1.94	31.67	23.87	108.57	0.00
195.00	10.00	91.00	194.00	2.14	2.13	19.50	19.40	111.43	0.00
60.00	10.00	95.00	185.00	0.63	1.95	6.00	18.50	34.29	125.00
160.00	5.00	50.00	85.90	3.20	1.72	32.00	17.18	91.43	74.10
250.00	8.00	79.00	162.00	3.16	2.05	31.25	20.25	142.86	88.00
185.00	10.00	98.00	201.30	1.89	2.05	18.50	20.13	105.71	16.30
190.00	9.00	97.00	184.00	1.96	1.90	21.11	20.44	108.57	0.00
Total de combustible perdido								390.40	

Anexo 5.0

Tabla 4.3 Cantidad de camiones asignados por la mina, por sistema elaborado y por el método tradicional

Fecha	Yaci- miento	Dist.	Тс	TvcRv	Tmc	Td	Tlc	Tmd	CCa	Ft
		Km	min	min	min	min	min	min	u	u
1	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12
28-ene	P. G.	2,0	6.6	5.55	0.5	0.67	0.83	1	3	4
29-ene	P.G.	2,0	6.6	5.55	0.5	0.67	0.83	1	3	4
3-Feb	Y.S.	5,1	3.7	13.33	0.5	0.67	0.83	1	5	7
7-Feb	Y.S.	5,1	3.7	13.33	0.5	0.67	0.83	1	5	7
8-Feb	Y.S.	5,1	3.7	13.33	0.5	0.67	0.83	1	5	7
10-Feb	Y.S.	5,0	3.7	13.33	0.5	0.67	0.83	1	5	7
11-Feb	Y.N.	3,9	4.2	10.2	0.5	0.67	0.83	1	4	5
12-Feb	Y.N.	3,9	4.2	10.2	0.5	0.67	0.83	1	4	5
13-Feb	Y.N.	3,9	4.2	10.2	0.5	0.67	0.83	1	4	5
14-Feb	Y.S.	5,0	4.4	16	0.5	0.67	0.83	1	5	8
15-Feb	Y.N.	4,4	4.4	10.4	0.5	0.67	0.83	1	4	5

Tabla 4.4 Determinación de las variables del monitoreo de los Camiones

	TM	#Viajes	RT	RV	CDM	CDH	CDR	CDV
Equipo	Hr	#	Km	Km/viaje	Lts	Lts/h	Lts/Km	Lts/via
19	20	21	22	23	24	25	26	27
Α	6,6	13	58,7	4,5	133,4	22,9	0,44	10,3
В	19,9	28	262,7	9,4	509,7	25,7	0,52	18,2
С	9,2	9	90,2	10,0	166,6	25,0	0,54	18,5
D	37,2	53	395,3	7,5	915,12	24,6	2,31	17,3
Е	8,6	12	109,7	9,1	199,8	26,8	0,55	16,7
F	5,8	4	35,6	8,9	75,1	28,9	0,47	18,8

Leyenda:

- 19- Siglas o nombre del camión.
- 20- Tiempo monitoreado a cada equipo (camión).
- 21- Número de viajes durante el tiempo muestreado.
- 22- Recorrido promedio del camión por viaje realizado.
- 23- Suma total de todos los recorridos efectuados por el camión durante el tiempo en que fueron monitoreados sus operaciones.
- 24- Consumo total de combustible del camión durante todo el tiempo monitoreado.
- 25- Consumo de combustible promedio del camión por hora de trabajo durante el tiempo monitoreado.
- 26- Consumo de combustible del camión por kilómetro recorrido.
- 27- Consumo de combustible del camión por viaje realizado.

Anexo 6.0

Tabla 4.5 Determinación de las variables del monitoreo de los Camiones

	VH	VH MVV QMV		QNsMV	
Equipo	#/h	t/viaje	t /turno	t/turno	
19	28	29	30	31	
1312	1,97	11.1	391	379.9	
1313	1,40	29.8	410	380.2	
1314	0,98	16.6	283	266.4	
1316	1,43	62.0	375	313.0	
1318	1,40	16.3	352	335.7	
1320	1,45	6.00	140	134.0	

Leyenda:

- 28- Número de viajes por hora
- 29- Masa viajera total transportada durante todos los viajes del camión en el período monitoreado
- 30- Productividad del camión en el turno considerando la masa viajera en la cama del camión
- 31- Productividad neta del camión en el turno.

Tabla 4.6 Determinación de las variables del monitoreo de los Camiones durante el periodo de lluvia

	VH	MVT	QMV	QNsMV	
Equipo	#/h	t	t /turno	t/turno	
19	32	33	34	35	
1312	1,97	65.0	391	379.9	
1313	1,40	74.6	410	380.2	
1314	0,98	50.0	283	266.4	
1316	1,43	100	375	313.0	
1318	1,40	45.0	352	335.7	
1320	1,45	20.0	150	120.0	

Leyenda:

- 32- Número de viajes por hora.
- 33- masa viajera total transportada durante todos los viajes del camión en el período monitoreado.
- 34- Productividad del camión en el turno considerando la masa viajera en la cama del camión.
- 35- Productividad neta del camión en el turno.