



## **ANÁLISIS DE INDICADORES Y CÁLCULO DE LA EFECTIVIDAD DE LA EXTRACCIÓN Y EL TRANSPORTE DE MINERAL EN LA MINA DE LA EMPRESA CMDTE. ERNESTO CHE GUEVARA**

**Yosmel Marsilli Mustelier, Lázaro Fernández Martínez, Miguel León Mariño y Severo Estenoz Mejías**

Empresa Cmdte. Ernesto Che Guevara Carretera Moa - Baracoa Km 5 Moa-Holguín Cuba ZIP 83330  
Teléfono 024608012 ext 5667 [ymarsilli@ecg.moa.minbas.cu](mailto:ymarsilli@ecg.moa.minbas.cu)

### **RESUMEN**

La creciente complejidad de las operaciones mineras en la empresa, están vinculadas al incremento y lejanía de los frentes de extracción, a las condiciones naturales y al nivel de organización alcanzado, factores que limitan el incremento de la producción minera. El trabajo propone un análisis de los indicadores y cálculo para evaluar la efectividad de las operaciones mineras de la extracción y el transporte de mineral en el yacimiento Yagrumaje Sur, con vistas a identificar las reservas ocultas de productividad existentes. Este estudio caracterizó las operaciones mineras en este yacimiento, se elaboraron fotografías de la cadena de operaciones desde diferentes frentes y se evaluó su organización con mediciones en el terreno de ciclos de la extracción y el transporte de mineral; siendo la segunda actividad la más afectada. Los resultados identificaron una ineficiencia en estas labores de un 20 %, relacionado con algunas fallas en las operaciones y organización de las labores mineras, como el atraso en la preparación de reservas destapadas, irregular conformación de los frentes de extracción, mantenimiento de caminos y rendimiento del conjunto de equipos. A partir de aquí se plantean como mejoras de los esquemas técnicos y organizativos, priorizar la preparación de reservas destapadas, planificar la explotación minera con operaciones y variantes más definidas e implementar la instrucción de los operadores entre otros aspectos. La aplicación de estas medidas favorecerá la estabilidad productiva, el ahorro de combustible, la calidad ambiental así como un mejor aprovechamiento de los recursos humanos, técnicos y financieros.

### **ABSTRACT**

The growing complexity of the mining operations in the company, are linked to the increment and distance of the extraction fronts, to the natural conditions and the reached organization level, factors that limit the increment of the mining production. The following work purposes an analysis and calculation of the indicators and to evaluate the effectiveness of the extraction and transport mining operations in the Yagrumaje Sur Location, for identify the hidden potentialities of productivity. For the development of this work were characterized and evaluated the mining operations in this location, making work pictures from different extraction fronts and for the organization works evaluated too with mensurations in the cycles of works in the extraction and the transporting of mineral; highlighting the second activity the most affected one. The results identified inefficiency in these works of 20%, related with some flaws in the operations and organization of the mining preparation works, irregular conformation of extraction fronts, maintenance of roads and readiness of the park of transport. Starting from here it is guided the following improvements in the technical and organizational outlines; to prioritize the mining preparation works, to plan the exploitation with operations and variants more defined and to implement the operation instruction to each worker among other aspects. The application of these measures it will favor, the productive stability, the saving of fuel, the environmental quality as well as a better use of the human resources, technicians and financiers.



## INTRODUCCIÓN

La minería del níquel tiene la misión de aportar a la económica del país con eficiencia productiva en sus operaciones extractivas. En la actualidad los yacimientos activos que aportan la alimentación de mineral al proceso fabril son Yagrumaje Norte y Yagrumaje Sur, este último con amplia actividad de explotación y principal objeto de estudio. Presenta una geomorfología montañosa, con corteza de meteorización de cuerpos discontinuos con disminución de los contenidos de Fe y Ni acompañado del incremento del contenidos de nocivos  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MgO}$  y  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y ubicado a unos 5 km de distancia del punto de recepción y procesamiento de mineral.

El actual esquema de explotación por bancos y el transporte del mineral en el yacimiento Yagrumaje Sur se ven incididos en su efectividad por el agotamiento de las reservas de mineral laterítico, el distanciamiento de los yacimientos hasta la planta metalúrgica y la complejización de las operaciones en los frentes de minería. Lo que es necesario identificar los principales problemas técnicos y organizativos que intervienen en los trabajos de preparación de los frentes, su explotación y rendimiento del equipamiento minero.

Todavía se mantienen en esta actividad las operaciones con excavadoras soviéticas de arrastre que realizan la extracción de la masa minera de forma combinadas con las retroexcavadoras, con transportación del mineral con camiones articulados y la preparación de los frentes con buldózeres. Debido a algunos de estos factores expuestos anteriormente los indicadores de la producción minera se ven afectados para las 2 jornadas de trabajo de 12 h en el día; siendo necesario el análisis de los principales indicadores de productividad y el establecimiento de algunas propuestas organizativas para hacer más efectiva la cadena de estos trabajos en este yacimiento.

## PROBLEMA

La necesidad de analizar los principales indicadores productivos de la cadena de los trabajos de preparación, extracción y el transporte de mineral en el yacimiento Yagrumaje Sur.

## HIPOTESIS

Se considera que si se identifican y se corrigen algunos de los factores técnicos y organizativos que inciden negativamente en estas labores mineras será posible incrementar los indicadores productivos de la actividad descrita.

## OBJETIVO

Estudiar las causas que inciden en el incumplimiento de los planes productivos del conjunto de los equipos de operaciones mineras en el yacimiento Yagrumaje Sur.

## OBJETIVO ESPECÍFICOS

1. Caracterizar las operaciones mineras actuales
2. Determinar los indicadores productivos donde mas incide la improductividad
3. Encontrar soluciones a las deficiencias operativas y organizativas en dicha actividad

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se desarrolló mediante el cálculo de los principales indicadores de productividad del conjunto de los equipos que intervienen en la explotación y la transportación del mineral laterítico y la valoración con los planes técnicos establecidos, aplicando propuestas para el progresivo perfeccionamiento de la actividad minera descrita anteriormente; en busca una mejor eficiencia y que no se incumpla con la planificación establecida. Para el procesamiento y cálculo de esta información se realizó el siguiente procedimiento:



1. Recopilación de informaciones
2. Mediciones de tiempos de ciclos de trabajos de las actividades de preparación, extracción y transporte del mineral
3. Procesamiento y comparación de la información obtenida
4. Planteamiento de los resultados

## RESULTADOS

El presente trabajo ha permitido conocer el comportamiento operativo y los índices del rendimiento del conjunto de equipos mineros que intervienen en la cadena de la actividad preparativa, extractiva y de transportación del mineral en el yacimiento Yagrumaje Sur. La misma se desarrolla en varios frentes de explotación, con un régimen de labor continuo y con un parque de equipos de novedosa generación entre los cuales figuran 2 - 3 buldózers Komatsu D-85EX, 2 retroexcavadora RE-974 Liebherr, 1 excavadora de arrastre electro mecánico Liebherr HS885 (ver figura 1), 1 excavadora de arrastre eléctrica rusa ESH4/45 y 12 - 14 camiones articulados Volvos A40D de los 16 camiones existentes; algunos afectados por averías. Además de contarse con un conjunto de 5 camiones rígidos Terex bajo la modalidad de contratación y que operan regularmente en este yacimiento.

Las operaciones mineras en este yacimiento se han visto beneficiadas por la rápida conformación del frente de trabajo, la selectividad de extracción de las intercalaciones de mineral, maniobrabilidad de los equipos y la estabilidad de la calidad mineral al proceso, así como han incidido negativamente, la afectación de las operaciones por influencia de lluvias, poca homogenización del mineral por su tiro directo y la disponibilidad técnica del equipamiento minero.

La determinación del tiempo medio de trabajo en las operaciones de preparación, extracción y transporte se efectuó mediante la medición cronometrada de cada actividad en varios turnos de trabajos diurnos y nocturnos afectados o no por, lluvias, disponibilidad técnica y demás factores condicionantes de la improductividad.



Figura 1 Operaciones de extracción y carga con excavadora Liebherr HS885 y camión Volvo A40D

Mediante la expresión (1) se determina el tiempo y volumen de preparación por buldózers de los accesos a los frentes de extracción estimados entre 25 – 45 minutos. El mantenimiento de los



mismos en condiciones climáticas no favorables extiende este tiempo con las consecuentes interrupciones o averías generadas.

$$Q_{h\text{ prepc}} = \frac{60 * D * k_u}{t_c * k_e} \quad (1)$$

$Q_{h\text{ prepc}}$ ; productividad teórica (m<sup>3</sup>/h)

$D$ ; volumen removido (m<sup>3</sup>)

$k_u$ ; coeficiente de utilización

$k_e$ ; coeficiente de esponjamiento

$t_c$ ; tiempo de ciclo de preparación (min)

La actividad de extracción de mineral aporta el mayor peso dentro de la cadena de estas operaciones, por el cumplimiento de los volúmenes y de calidad del mineral planificado. Las interrupciones y averías ocasionadas en uno o dos de los frentes de trabajo desvían el ritmo del suministro de mineral y al mismo tiempo la calidad mineral establecida. Actualmente se cuenta con una técnica reducida por la disponibilidad; existe 1 retroexcavadora con avería prolongada.

Los tiempos tomados en la extracción del mineral tiene una relación de 30 – 45 segundos en la carga de un camión. Considerando que están creadas las condiciones operacionales en el frente de explotación, hay posibilidad de continuidad de los trabajos y existe el apoyo de medios auxiliares que favorezcan los trabajos el mantenimiento y preparación de accesos. Por la expresión (2) se puede estimar la productividad teórica en esta actividad.

$$Q_{h\text{ excv}} = \frac{3600 * E * k_d * k_u * \gamma}{t_c * k_e} \quad (2)$$

donde:

$Q_{h\text{ excv}}$ ; productividad teórica (t/h)

$E$ ; capacidad del cubo (m<sup>3</sup>)

$\gamma$ ; masa volumétrica (t/m<sup>3</sup>)

$k_u$ ; coeficiente de utilización

$k_e$ ; coeficiente de esponjamiento

$t_c$ ; tiempo de ciclo de carga del camión (s)

La actividad del transporte de mineral en los camiones es la operación más afectada, relativamente en un 30 % menos del volumen planificado para 1 día de trabajo de 2 turnos. La expresión (3) determina la productividad teórica de esta actividad. Hacia este problema se dirige la mayor atención dentro las operaciones actuales. Estableciéndose en el presente análisis algunas indicaciones que también favorecerán la efectividad de esta actividad.

Los tiempos medidos en la circulación de la flotilla de camiones desde un frente de extracción hasta la planta de recepción de mineral describe un tiempo de 35 – 45 min en condiciones normales. Con la influencia del clima, la espera por preparación del acceso al frente, averías o la asignación de otra tarea no vinculada a la producción este tiempo se incrementa de 50 minutos a más de 1 hora, perdiéndose su contribución a la producción.



$$Q_{h\text{transp}} = \frac{60 * C * k_d * k_u}{t_v} \quad (3)$$

donde:

$Q_{h\text{transp}}$ ; productividad teórica (t/h)

$C$ ; capacidad del camión (t)

$k_d$ ; coeficiente de disponibilidad

$t_c$ ; tiempo de ciclo de viaje del camión (min)

## DISCUSIÓN

Los índices productivos mensuales de la entidad minera están incididos en su cumplimiento, dentro de las actividades de preparación minera con buldózers (TE), extracción – carga con retroexcavadoras (RE) y transporte de mineral en camiones (CAM); por los algunos de los siguientes indicadores:

- Deficiente preparación y conformación de las plataformas de extracción – carga y espacios para construcción de escombreras fundamentalmente por la baja disponibilidad de buldózers y retroexcavadoras.
- Déficit de equipos para la construcción y mantenimiento de los caminos mineros.
- Distanciamiento entre 5 – 7 km de los frentes de explotación y el punto de recepción de mineral o depósitos.
- Tiempo de perdida dentro del turno equivalentes a 3 horas por organización y logística; espera en la habilitación de combustible, tiempos para meriendas y almuerzo, movimiento de personal para relevos y recorridos del jefe de turno, jefe de brigada o el geólogo.
- Averías e interrupciones externas (combustible, lluvia, relevo, etc) en equipos planificados.

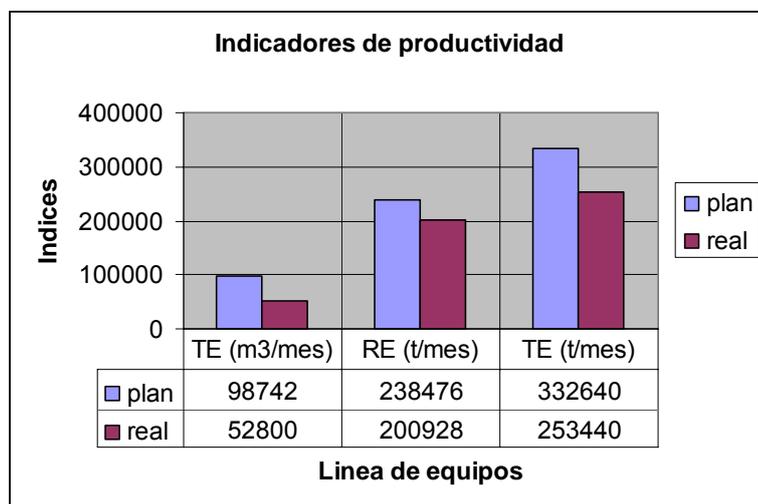


Figura 2 Gráfico de indicadores de productividad

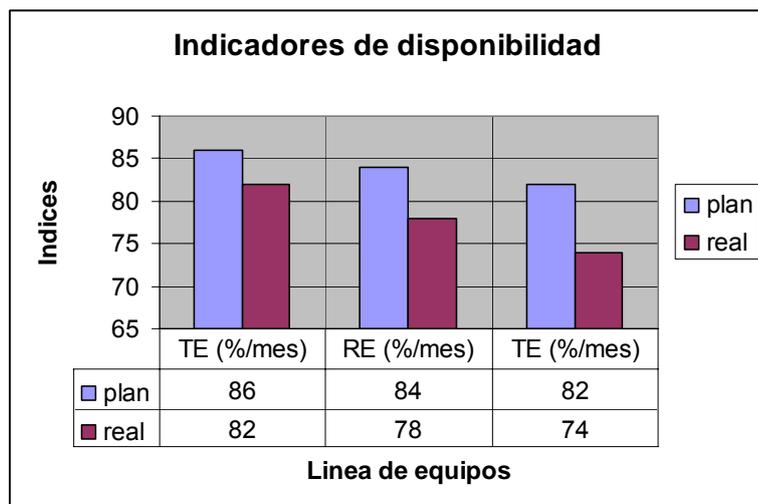


Figura 3 Gráfico de indicadores de disponibilidad

## CONCLUSIONES

1. Favorecer continuamente las condiciones operativas de los frentes mineros de explotación y vías de acceso y circulación del transporte; para el eficiente desarrollo de estas actividades.
2. Mejorar y controlar la organización y logística de las actividades indirectas a la producción para la reducción de tiempos perdidos por estos conceptos.
3. La actividad de extracción y transporte de mineral afectan sus índices productivos mensuales en aproximadamente 45 000 m<sup>3</sup>, representando 5 días de operaciones al mes.
4. La disponibilidad técnica de extracción se reduce un 8 % y para el transporte un 12 % de la planificada (82 %); requiriéndose mayor cumplimiento de solución.
5. Concretar el incremento de los equipos planificados por Leasing.
6. Incorporar medios auxiliares de transportación de personal y comunicación para agilizar las orientaciones y operaciones.

## BIBLIOGRAFIAS

- MIGUE, R. A. 1987. Estudio sobre la utilización racional del transporte automotor. ISMM. Moa. Tesis de Diploma
- TORRES TAMAYO, PEDRO O. 2004. Estudio de la Efectividad de Equipos de Extracción en el Yacimiento Moa Oriental PSA – Moa Nickel. ISMM. Moa. Tesis de Maestría
- CRUZ, R. A. 2003. Influencia de las Características del Mineral Laterítico en la Explotación de los Camiones Volvos en la Emp. Cmdte Ernesto Che Guevara. ISMM. Moa. Tesis de Diploma
- POLANCO ALMANSA, RAMÓN & PEREDA HERNÁNDEZ, SEGUNDO. 1996. Transporte Minero. Editorial Pueblo y Educación. La Habana.
- ALFARO RODRÍGUEZ, VICENTE. 2003. Servicios Mineros. {en línea} disponible en [www.cat.com](http://www.cat.com)
- CRIADO, M. C. Grandes equipos mineros de carga y transporte. Revista Cantera y Explotaciones. Nro 389