

## **Influencia del cumplimiento de los servicios técnicos de la contratación en el rendimiento de equipos mineros**

María Isabel García-De la Cruz  
Mayda Ulloa-Carcassés  
Orlando Belete-Fuentes

### **Resumen**

El objetivo del trabajo fue evaluar, en la mina de níquel de la empresa Ernesto Che Guevara de Moa, cómo influye el cumplimiento de los servicios técnicos de la contratación sobre el rendimiento de los equipos mineros de arranque, carga y transporte (retroexcavadoras y camiones). Para ello se desarrolló un procedimiento, fundamentado en dos métodos: la matriz de Kepner-Tregoe y la evaluación de datos. La información analizada recoge el comportamiento de los servicios y de las flotas de equipos desde el año 1985 hasta el 2010. Como resultado se obtuvo el comportamiento de los indicadores técnico-productivos y económicos y las causas que inciden en el rendimiento de los equipos. El valor promedio de afectación al equipamiento minero por incumplimiento de los servicios técnicos contratados fue de un 3,16 %.

### **Palabras clave**

Equipos mineros; rendimiento; servicios técnicos; minería del níquel; minas lateríticas.

## **Influence of technical services accomplishing on mining equipment yield in laterite deposits**

### **Abstract**

The paper aims to evaluate, in the open pit of the Ernesto Che Guevara nickel company of Moa, the influence of the technical services on the yield of the outbreaks, loads and carried mining equipment (bulldozers and trucks). At this aim, a procedure based in the Kepner-Tregoe matrix and in data evaluation was developed. It was analyzed information about services and mining equipment behavior from 1985 up to 2010. As a result it was obtained the behavior of the technician-productive and economic indicators and the causes that influence the yield of the mining equipment. The mining equipment affectation due to nonfulfillment of the leased technical services reach an average value of 3,16 %.

### **Keywords**

Mining equipment; yield; technical services; nickel mining; laterites deposits.

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente el equipamiento minero de arranque, carga y transporte de la empresa niquelera Ernesto Che Guevara (ECG) se adquiere por dos vías: compra y arrendamiento. Los contratos de adquisición de los equipos incluyen servicios técnicos y de mantenimiento.

Osorio (2010) define los servicios técnicos y de asistencia técnica como la asesoría dada mediante contrato de prestación de servicios incorporales para la utilización de conocimientos tecnológicos aplicados por medio del ejercicio de un arte o técnica y puntualiza que los servicios técnicos no implican transferencia de conocimientos. Algunos autores (Scott 2005; López 2005 y La Torre 2008) relacionan los servicios técnicos solamente con la reparación y el mantenimiento. Por su parte, Candelaux (2010) los divide en términos técnicos, comerciales y económicos.

En la ECG se ha evaluado la influencia que tienen en el resultado de los indicadores técnicos, productivos y económicos de los equipos mineros (García 2008) los servicios técnicos de la contratación (STC), que no son más que los términos técnicos que se relacionan en los contratos de adquisición de equipos, con obligaciones para las partes representadas en los mismos, los cuales permiten asegurar los niveles de eficiencia en la explotación del equipamiento, así como acrecentar su vida útil.

En las minas de producción continua los equipos mineros se hallan sometidos a una intensa explotación que atenta contra su estado técnico y en ocasiones puede originar interrupciones en el ciclo productivo y afectaciones en el suministro de materia prima mineral a la planta productora.

En el año 1985 se iniciaron los trabajos mineros en la ECG con equipos soviéticos, a los que se garantizaban todos los STC; ello permitía la explotación continua con el mínimo de dificultad. Al ser suspendidos estos servicios, el deterioro del estado técnico de los equipos no permitía mantener su disponibilidad. Es por ello que en el año 1997 se inicia la reposición del equipamiento minero mediante contratos de compra y de arrendamiento, adquiriéndose equipos de tecnología avanzada para garantizar la estabilidad de la producción. No obstante, los niveles de rendimiento no son adecuados debido al insuficiente cumplimiento de los STC.

Con base en lo anteriormente expuesto se realizó una investigación para evaluar en la mina de níquel de la ECG el efecto del cumplimiento

de los STC sobre el rendimiento de retroexcavadoras y camiones adquiridos mediante compra y por arrendamiento.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El comportamiento de los STC fue evaluado en equipos adquiridos para la mina de la empresa ECG, tanto en la modalidad de compra como de arrendamiento. Entre los primeros se consideraron las retroexcavadoras hidráulicas marca VOLVO, modelos EC-650BLC y EW-200; los camiones articulados modelos A35C y A40D y las retroexcavadoras hidráulicas marca LIEBHERR, modelos R974B y R984B. Para la modalidad de arrendamiento se evaluaron las retroexcavadoras hidráulicas marca VOLVO, modelos EC-460BLC y EC-210BCL; los camiones articulados modelos A40D y los camiones rígidos marca TEREX, modelo TR-60 del proveedor TOKMAKJIAN.

Para la investigación se utilizaron las estadísticas económicas, de producción, mantenimiento y explotación de los equipos mineros. La base de datos con información del comportamiento de los equipos y de los servicios realizados a los mismos incluyó el período desde el año 1985 hasta el 2010.

Con el fin de evaluar la incidencia de los STC en el rendimiento de los equipos se desarrolló un procedimiento basado en la matriz de Kepner-Tregoe y en la evaluación de datos. El procedimiento incluyó cuatro etapas:

1. *Evaluación del comportamiento del rendimiento de los equipos mineros.* Se realizó el análisis y evaluación del cumplimiento de los indicadores técnicos-productivos que miden el rendimiento y plantean la línea a seguir durante el análisis.
2. *Evaluación de las causas que inciden en el cumplimiento del rendimiento de los equipos mineros.* Se definen los problemas positivos o negativos y se determinan las causas que los originan.
3. *Definición de los criterios para establecer los términos de los STC, considerados desde la evaluación de los contratos mediante los cuales se adquirieron los equipos mineros.* Permite la definición de criterios para establecer los términos y realizar la evaluación de los STC.
4. *Evaluación de la incidencia de los STC en el rendimiento de los equipos mineros.*

La matriz de Kepner-Tregoe es un procedimiento para el análisis de toma de decisiones, teniendo como aspecto básico la valoración y

priorización del riesgo. O sea, la idea no es encontrar una solución perfecta, sino la mejor opción posible con las mínimas consecuencias negativas (MKT 2006; Pérez 2008).

Mediante esa matriz se evaluó cada término con una puntuación de 1 a 3, en dependencia de su nivel de importancia, de manera que al valor 3 corresponde alta importancia, media al 2 y baja al 1. Por la influencia que tienen los STC en el cumplimiento de los indicadores técnico-productivos y económicos de los equipos mineros se consideró que todos los términos tienen alto nivel de importancia (3 puntos). Los términos se dividieron en técnicos y comerciales (Figuras 1 y 2).

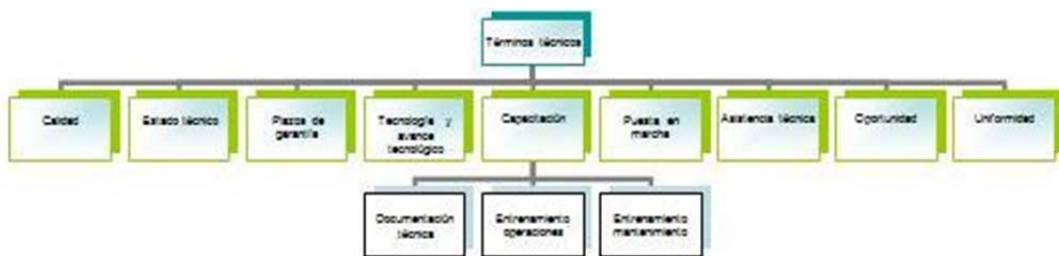


Figura 1. Términos técnicos de los STC.



Figura 2. Términos comerciales de los STC.

A cada término se les asignó un valor de 1 a 5, en función del porcentaje de cumplimiento de los STC. La puntuación se obtuvo multiplicando el nivel de importancia de cada término por la puntuación, en función del cumplimiento de lo establecido en los contratos de adquisición de los equipos.

Los criterios para asignar la puntuación a cada componente se plantean en la Tabla 1. Los términos se seleccionaron en dependencia de las características del tipo de contrato evaluado.

Tabla 1. Criterios para la evaluación de los servicios técnicos de la contratación (STC)

<b>Evaluación</b>	<b>Puntos</b>	<b>Nivel de cumplimiento</b>
Máxima	5	95 %
Media	4 - 3	entre 75 y 94 %
Baja	< 3	por debajo del 75 %
Nula	0	Incumplimiento total (0 %)

Pérez (2008) reporta para el método de Kepner–Tregoe las siguientes ventajas y desventajas:

- Puede ser útil cuando hay muchas opciones potenciales a tener en cuenta y cuando hay posibles efectos no deseados.
- Permite minimizar algunos efectos negativos.
- Aunque es ofrecida como una matriz de decisión imparcial, alguien debe decidir el nivel de importancia, la probabilidad de que ocurran las reacciones adversas y la importancia relativa de cada una de esas reacciones. Puede haber parcialidad.
- Elige un resultado y cómo exactamente debería lograrse dicho resultado. Se debe tener en cuenta que siempre hay imprevistos.
- La toma de decisiones se basa en pasos que permiten obtener el resultado, es decir, la solución del problema es al final del proceso.
- Este proceso exige de paciencia y determinación. Puede ser repetitivo.

Las desventajas del método de Kepner-Tregoe fundamentan la aplicación del método de evaluación de datos sobre la base de la existencia de:

- Una base de datos de explotación de los equipos desde su puesta en marcha, que incluye todos los parámetros técnicos (marca, modelo, proveedor, modalidad de adquisición, horas efectivas, horas de averías, horas de interrupciones imprevistas, horas de mantenimiento, horas de reparaciones, números de viajes, distancia de transportación, frente de trabajo, sistema de explotación, cantidad de operadores, norma de consumo de combustible, gastos de operación) diario, mensual y anual.

- Información técnica mensual, trimestral y anual del comportamiento de los equipos mineros elaborada por los sistemas de análisis del despacho de producción y de gestión de mantenimiento.

La evaluación de datos consistió en otorgar una cantidad de puntos por flotas de equipos y proveedor, en función del cumplimiento de los STC durante el período evaluado. Los criterios usados para asignar la puntuación a cada término son los mismos de la Tabla 1.

La metodología se aplicó para cada modalidad de contrato, atendiendo a que los STC dependen de las condiciones de explotación, el nivel de exigencia, los sistemas de penalización y la vigencia de los contratos.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Evaluación del rendimiento

##### *Retroexcavadoras*

Las Figuras de la 3 a la 5 muestran el comportamiento de los indicadores del rendimiento en las retroexcavadoras. Las adquiridas en la modalidad de compra han mostrado mayor eficiencia y estabilidad en la operación, alcanzando el punto crítico en el séptimo año de vida útil. Las de arrendamiento, al iniciar las 12 000 horas efectivas, comienzan a disminuir su eficiencia, y alcanzan el punto crítico hacia el quinto año de vida, aunque tienen mayor garantía en el cumplimiento de los STC (Mbalongany 2010).

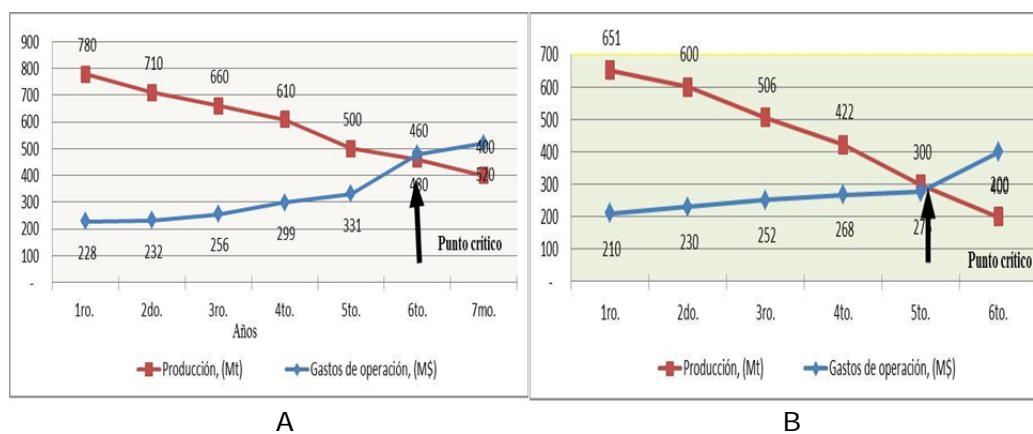


Figura 3. Comportamiento de la vida útil. A. Compra; B. Arrendamiento

En las retroexcavadoras adquiridas por la opción de compra, el índice de disponibilidad técnica se comportó por debajo de 0,85 a partir de las 15 000 horas de explotación, en ello influyó el deficiente suministro

de piezas de repuesto que incrementó la estadía en taller hasta en 38,6 % de las horas efectivas.

En las excavadoras adquiridas por arrendamiento, la demora en la entrada de piezas a los almacenes de consignación provocó oscilaciones de la estadía en el taller por averías de 5 a 29 % de las horas efectivas (Mbalongany 2010).

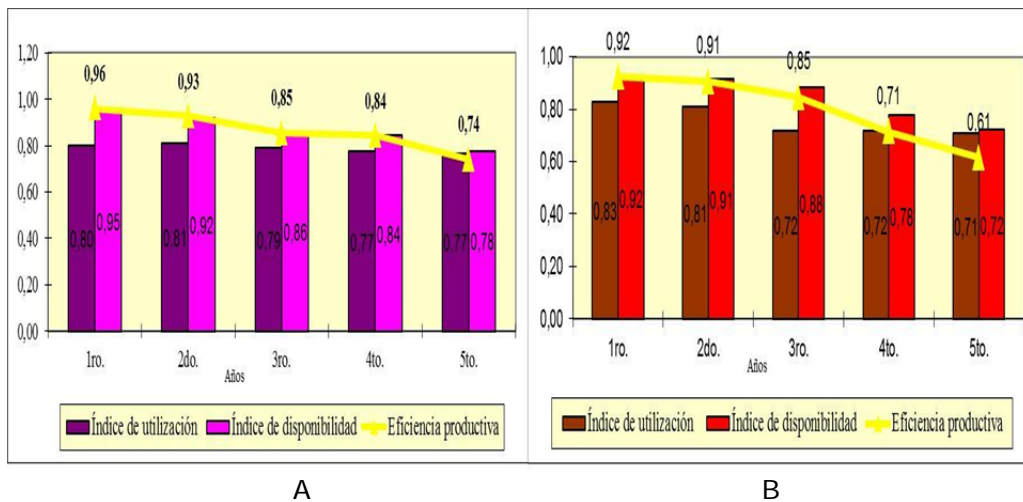


Figura 4. Comportamiento de los índices utilización, disponibilidad y eficiencia. A. Compra; B. Arrendamiento.

El incremento de las horas en avería repercute en el índice de utilización porque disminuyen las horas efectivas y se incrementa el costo horario. En la opción de arrendamiento la productividad horaria fue menor porque la capacidad de diseño para la extracción es también menor en 0,3 t; además, este indicador decrece después del segundo año de vida hasta en 10 t/h por el estado técnico de las retroexcavadoras, que es de regular a malo, provocado por salideros de aceite en diferentes agregados debido al desgaste (García 2008; Mbalongany 2010).



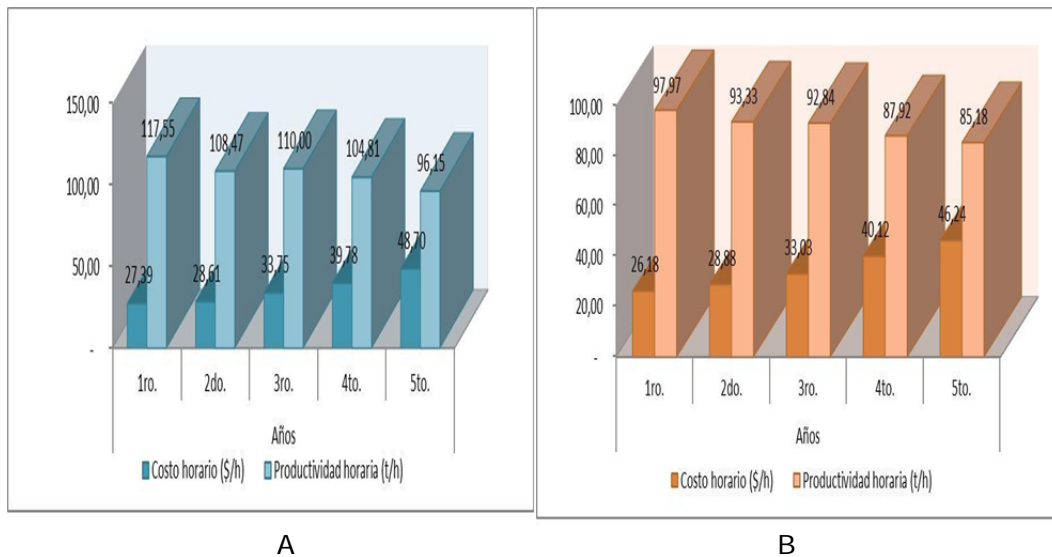


Figura 5. Comportamiento de los indicadores costo y productividad horarios. A. Compra; B. Arrendamiento.

*Camiones articulados*

El rendimiento en los camiones articulados adquiridos por compra fue menor que en los arrendados porque en los primeros los STC no se garantizaron en igual medida y decrecieron los indicadores técnico-productivos, incrementándose así en un mayor porcentaje los indicadores económicos. Su estado crítico inició a partir del tercer año de operación (Figura 6).

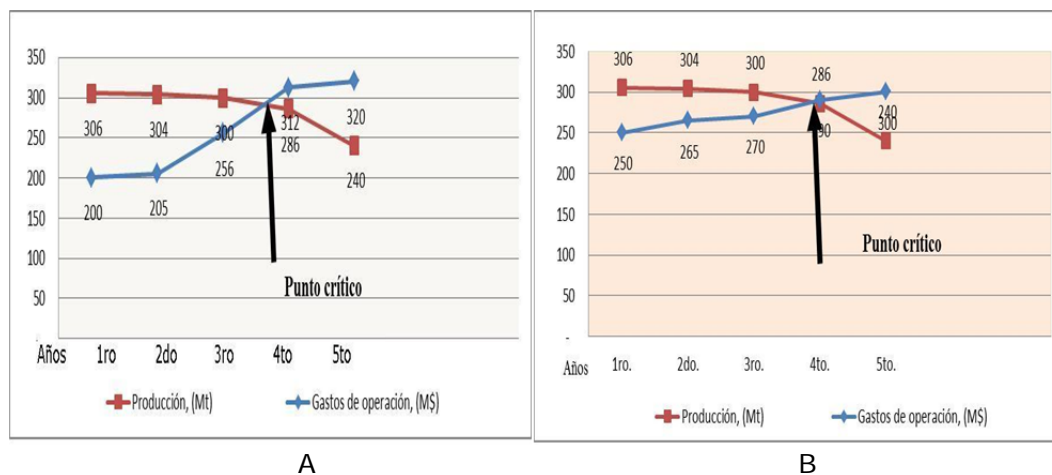


Figura 6. Comportamiento de la vida útil. A. Compra; B. Arrendamiento

En la modalidad de arrendamiento el período crítico inició a partir del cuarto año de vida útil en que el índice de utilización decrece hasta en 0,5

con relación al inicial. Las afectaciones imprevistas promedian 800 horas por año (García *et al.* 2008; Toirac 2010) (Figura 7).

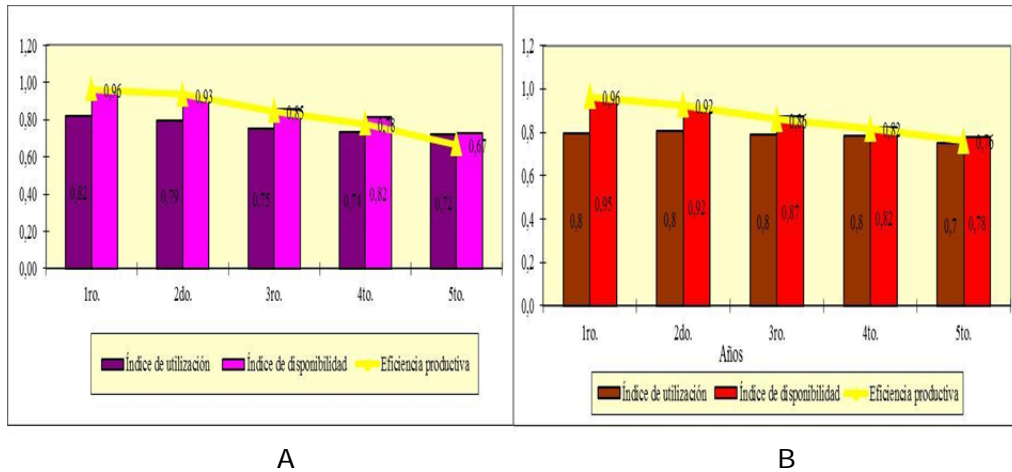


Figura 7. Comportamiento de los índices utilización, disponibilidad y eficiencia. A. Compra; B. Arrendamiento.

En los camiones articulados la productividad horaria se comportó en los rangos de la planificación para ambas modalidades de adquisición; para la opción de compra comenzó a disminuir a partir del cuarto año de vida aunque la distancia de transportación no sobrepasó los 3 km. El decrecimiento de la productividad se debió al mal estado técnico de los equipos que afectó el tiempo de recorrido de los mismos (Figura 8).

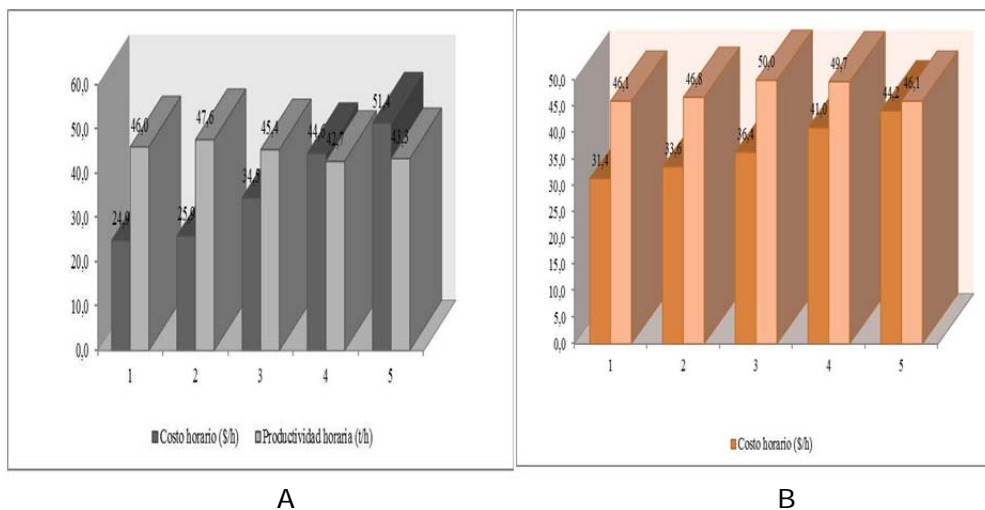


Figura 8. Comportamiento del costo horario. A. Compra; B. Arrendamiento

En general, el rendimiento estuvo afectado por la sobreexplotación de ambas líneas de equipos, sin las correspondientes reparaciones medias

y capitales por horas de explotación, así como por deficiencias en los mantenimientos (Guerra 2012).

### **3.2. Causas que inciden en el rendimiento**

Entre las causas del incumplimiento de los indicadores del rendimiento de los equipos mineros se identificaron las siguientes:

- ✓ Cambios imprevistos de la planificación de la producción, por ajuste en función de la calidad de la materia prima mineral.
- ✓ Ineficiente preparación de las vías de acceso a los frentes de arranque, que interfiere en la maniobrabilidad de los equipos.
- ✓ Problemas de organización en la explotación minera (espera de carga y descarga; utilización de los equipos en actividades que no reportan producción, como traslado de los geólogos de campo, jefes de turnos y jefes de brigada, violando las normas de explotación).
- ✓ Limitaciones en los servicios de las empresas de mantenimiento y reparación de equipos.
- ✓ Problemas en la tecnología de diseño (equipos y componentes electrónicos que fallan antes del límite de tiempo previsto).
- ✓ Violaciones de las normas de seguridad, protección y explotación de los equipos.
- ✓ Deficiente preparación del personal de servicios técnicos y de operación.

### **3.3. Comportamiento del rendimiento por tipo de contrato**

Se ha reconocido (García 2008, 2011) que en la ECG el rendimiento de los equipos adquiridos por contratos de compra está influenciado por los siguientes elementos:

- La aplicación de nuevos sistemas de explotación al introducir la minería combinada, que utiliza dragalinas y retroexcavadoras para la extracción, minería por bancos múltiples y en laderas pronunciadas, lo que ha permitido la recuperación hasta un 4 % de los minerales alojados en los fondos mineros.
- La introducción de retroexcavadoras hidráulicas y camiones articulados de nuevas tecnologías en los trabajos de arranque, carga y transporte.
- Incremento de la productividad horaria del transporte de masa minera de 1,8 t/h a 2,01 t/h, por aumento de la capacidad de carga.

- Incremento del costo de operación de los equipos entre 0,28 a 0,30 \$/t, por incumplimiento de los indicadores técnicos-productivos.
- Disminución de la disponibilidad técnica por insuficientes servicios de postventa.
- Inexistencia de la necesaria infraestructura comercial y de mantenimiento para garantizar los niveles de disponibilidad exigidos.

Por otra parte, en los adquiridos mediante contratos de arrendamiento (García & Rahutin 2011), el rendimiento ha estado influenciado por lo siguiente:

- Continuidad de la aplicación de diferentes sistemas de explotación.
- Garantía de inventario de piezas de rápido desgaste para el período de arriendo.
- Supervisión técnica durante el período de arriendo por parte del proveedor de equipos.
- Inestabilidad de operación en las retroexcavadoras a partir de su segundo año de explotación debido a frecuentes averías en el sistema de lubricación, motor, pasadores y caja de giro, lo cual disminuyó en 7,1 % el cumplimiento de la disponibilidad técnica y el costo de operación en 0,02 \$/t.
- Los camiones articulados han mantenido su potencia, flexibilidad y seguridad de funcionamiento bajo diferentes condiciones y sistemas de explotación, incrementando antes de los tres años de explotación las horas de trabajo hasta 18 000, sin reparaciones del tren de fuerza.
- Incremento de los indicadores técnicos-productivos con relación a los equipos adquiridos en la modalidad de compra en la línea de camiones articulados.

Las incidencias negativas en los indicadores técnicos productivos de los equipos se deben mayormente a las causas siguientes:

- ✓ Afectación en el sincronismo de los esquemas proyectados para cada negociación realizada, debido a que el equipamiento no ha llega completo por paquete proyectado; por ejemplo, se dispone de camiones adquiridos por arrendamiento y no se dispone de los equipos de carga, generalmente adquiridos por compras, así como los de equipos auxiliares para garantizar las condiciones

de explotación, aunque la entrada de todos se planifica en el mismo tiempo.

- ✓ Deficientes condiciones de explotación por la no existencia de equipos para la construcción y mantenimientos de caminos mineros, lo que implica pérdidas de eficiencia y, en consecuencia, de producción.
- ✓ Traslado de los equipos sobre esteras a distancias mayores de un kilómetro por sus propios medios, al no contar con la técnica auxiliar de servicios necesaria.
- ✓ Pérdidas de tiempo en la habilitación de combustible, por problemas organizacionales y carecer de equipamiento auxiliar como pipas, surtidores y otros.

En sentido general, las principales dificultades en la ejecución de los contratos de arrendamiento de equipamiento minero en la ECG (Cuza, 2008) están dadas por:

- ✓ La redacción de los contratos no abarca la totalidad de los aspectos requeridos en la práctica, ya que responden a regulaciones generales establecidas en materia de contratación, las cuales no incluyen las tipicidades de esa modalidad contractual.
- ✓ La legislación que existe en Cuba relacionada con los contratos de arrendamiento no satisface las necesidades objetivas que se presentan en la ejecución de los contratos durante la adquisición de equipamiento minero.

No obstante a las dificultades identificadas en la ejecución de los contratos de arrendamiento del equipamiento minero, realizados en la empresa ECG, su implementación aporta notables beneficios a la entidad.

### **3.4. Resultados de la evaluación de los STC**

#### **3.4.1. Modalidad de compra**

Las Tablas de la 2 a la 6 muestran los resultados de la evaluación de los STC para los equipos adquiridos por compra. La flota de equipos del proveedor LIEBHERR evidenció los mejores resultados para los términos técnicos, no así para los comerciales, que resultaron superiores para la flota de VOLVO. La mayor puntuación se obtuvo para los equipos de VOLVO y, en segundo lugar, para los LIEBHERR. Estos resultados se explican a continuación:

1. En la compra de los equipos VOLVO se proyectaron los servicios de mantenimiento y reparación, a través del Taller de UNEVOL S. A., el cual incluía un almacén de consignación para piezas de repuesto. Estos servicios no funcionaron como estaba previsto e incidió en el rendimiento de los equipos, principalmente en los de arranque y carga, por problemas de suministro de piezas de repuestos y desconocimiento de la tecnología de diseño.
2. El rendimiento de los equipos LIEBHERR se ha afectado por insuficiente servicio de postventa (déficit de piezas de repuesto y no existencia de almacén de consignación). La estabilidad en la explotación se logra por la atención permanente de la asistencia técnica en el área de trabajo, el entrenamiento técnico del personal de mantenimiento en las instalaciones de la fábrica y la adquisición de las piezas de repuesto en empresas de servicios de otros suministradores.

Tabla 2. Nivel de importancia de los términos técnicos y comerciales para los equipos adquiridos por compra

	VOLVO		LIEBHERR
<b>Términos técnicos</b>	Camiones articulados	Retroexcavadoras	Retroexcavadoras
Cantidad	17	3	6
Calidad	5	5	5
Estado técnico	5	5	5
Plazo de garantía	4	4	4
Avance tecnológico	5	3	5
Documentación técnica	5	5	4
Entrenamiento Operaciones	5	5	5
Entrenamiento Mantenimiento	5	5	5
Puesta en marcha	5	5	5
Asistencia técnica	5	5	5
Oportunidad	4	4	3
Uniformidad	5	3	5
	VOLVO		LIEBHERR
<b>Términos comerciales</b>	Camiones articulados	Retroexcavadoras	Retroexcavadoras
Calidad del servicio	4	2	2
Servicios de Postventa/Almacén de consignación	3	2	0
Servicios de Postventa/ Taller	5	2	0
Plazo de entrega	4	4	3
Condición de entrega	5	5	5

Tabla 3. Resultados de la evaluación de los STC por la Matriz Kepner Tregoe en la modalidad de compra

Proveedor	VOLVO	LIEBHERR
<b>Términos técnicos</b>		
Calidad	15	15
Estado técnico	15	15
Plazos de garantía	12	12
Tecnología y avance tecnológico	12	15
Capacitación	15	14
Puesta en marcha	15	15
Asistencia técnica	15	15
Oportunidad	12	9
Uniformidad	12	15
<b>Subtotal</b>	<b>123</b>	<b>125</b>
<b>Términos comerciales</b>		
Servicio postventa	9	0
Infraestructura para el mantenimiento	10.5	0
Almacén en consignación	7.5	0
Plazo de entrega	12	9
Condición de entrega	15	15
<b>Total</b>	<b>54</b>	<b>24</b>
<b>Términos técnicos y comerciales</b>		
<b>Total general</b>	<b>177</b>	<b>149</b>

Tabla 4. Resultados de la evaluación de los STC por el método de evaluación de datos (compra)

	<b>VOLVO</b>	<b>LIEBHERR</b>
<b>Términos técnicos</b>		
Calidad	5,0	5,0
Estado técnico	5,0	5,0
Plazos de garantía	4,0	4,0
Tecnología y avance tecnológico	4,0	5,0
Capacitación	5,0	5,0
Puesta en marcha	5,0	5,0
Asistencia técnica	5,0	5,0
Oportunidad	4,0	3,0
Uniformidad	4,0	5,0
<b>Subtotal</b>	<b>41,0</b>	<b>42,0</b>
<b>Términos comerciales</b>		
Servicio postventa	3,5	2,0
Infraestructura para el mantenimiento	3,0	0,0
Almacén en consignación	3,0	0,0
Plazo de entrega	3,0	3,0
Condición de entrega	4,0	5,0
<b>Subtotal</b>	<b>16,5</b>	<b>10,0</b>
<b>Términos técnicos y comerciales</b>		
<b>Total</b>	<b>57,5</b>	<b>52</b>

En la Tabla 5 se ponen de manifiesto los valores relativos de afectación al rendimiento de los equipos mineros y se observa que los términos técnicos han tenido mejor comportamiento que los comerciales por deficiente servicios de postventa.

Tabla 5. Influencia de los STC en el rendimiento general de los equipos adquiridos por compra

<b>Valores relativos</b>	<b>Términos</b>		
	<b>Técnicos</b>	<b>Comerciales</b>	<b>Promedio</b>
% de cumplimiento de los STC al total equipos	91,85	52,00	71,93
% afectación de los STC al total de equipos	8,15	48,00	28,07
% afectación de los STC por equipo (unitario)	0,31	1,85	1,08



Tabla 6. Influencia de los STC en el rendimiento de los equipos (opción de compra) para indicadores específicos

Valores relativos	Utilización	Productividad	Mantenimiento
% de cumplimiento de los STC al total equipos	92,22	96,67	75,00
% afectación de los STC al total de equipos	7,78	3,33	25,00
% afectación de los STC por equipo (unitario)	0,30	0,13	0,96

### 3.4.2. Modalidad de arrendamiento

Los resultados se recogen en las Tablas de la 7 a la 12.

Tabla 7. Nivel de importancia de los términos técnicos y comerciales para los equipos adquiridos por arrendamiento

Términos técnicos	Camión articulado TEREX	Retroexcavadora VOLVO	Camión rígido TEREX
Cantidad	41	5	5
Calidad	5	5	5
Estado técnico	5	5	5
Plazo de garantía	4	5	5
Avance tecnológico	5	3	5
Documentación técnica	5	5	5
Entrenamiento Operaciones	5	5	5
Entrenamiento Mantenimiento	5	5	5
Puesta en marcha	5	5	5
Asistencia técnica	5	5	5
Oportunidad	4	4	4
Uniformidad	5	5	5
<b>Términos comerciales</b>			
Calidad del servicio	5	5	5
Servicios de Postventa/Almacén de consignación	4	4	5
Servicios de Postventa/ Taller	5	5	5
Plazo de entrega	5	4	5
Condición de entrega	5	5	5

Tabla 8. Resultados de la evaluación de los STC por la Matriz Kepner - Tregoe (arrendamiento)

Proveedor	VOLVO	TOKMAKJIAN
<b>Términos técnicos</b>		
Calidad	15,0	15,0
Estado técnico	15,0	15,0
Plazos de garantía	15,0	15,0
Tecnología y avance tecnológico	12,0	15,0
Capacitación	15,0	15,0
Puesta en marcha	15,0	15,0
Asistencia técnica	15,0	15,0
Oportunidad	12,0	12,0
Uniformidad	15,0	15,0
<b>Subtotal</b>	<b>129,0</b>	<b>132,0</b>
<b>Términos comerciales</b>		
Servicio postventa	15,0	15,0
Infraestructura para el mantenimiento	15,0	15,0
Almacén en consignación	12,0	15,0
Plazo de entrega	13,5	15,0
Condición de entrega	15,0	15,0
<b>Total</b>	<b>70,5</b>	<b>75,0</b>
<b>Términos técnicos y comerciales</b>		
<b>Total</b>	<b>199,5</b>	<b>207</b>

Tabla 9. Resultados de la evaluación de los STC por evaluación de datos (arrendamiento)

	<b>VOLVO</b>	<b>TOKMAKJIAN</b>
<b>Términos técnicos</b>		
Calidad	5,00	5,00
Estado técnico	5,00	5,00
Plazos de garantía.	5,00	5,00
Tecnología y avance tecnológico	4,00	5,00
Capacitación	5,00	5,00
Puesta en marcha	5,00	5,00
Asistencia técnica	5,00	5,00
Oportunidad	4,00	4,00
Uniformidad	5,00	5,00
<b>Subtotal</b>	<b>43,00</b>	<b>44,00</b>
<b>Términos comerciales</b>		
Servicio postventa	5,0	5,0
Infraestructura para el mantenimiento	5,0	5,0
Almacén en consignación	4,0	5,0
Plazo de entrega.	4,5	5,0
Condición de entrega	5,0	5,0
<b>Subtotal</b>	<b>23,5</b>	<b>25,0</b>
<b>Términos técnicos y comerciales</b>		
<b>Total</b>	<b>66,5</b>	<b>69,0</b>

Tabla 10. Influencia de los STC en el rendimiento de equipos mineros (arrendamiento)

<b>Valores relativos</b>	<b>Términos</b>		
	<b>Técnicos</b>	<b>Comerciales</b>	<b>Total</b>
% de cumplimiento de los STC al total equipos	96,67	97,00	96,83
% afectación de los STC al total de equipos	3,33	3,00	3,17
% afectación de los STC por equipo (unitario)	0,07	0,06	0,06

Tabla 11. Influencia de los STC en el rendimiento de equipos mineros a indicadores específicos (arrendamiento)

Valores relativos	Utilización	Productividad	Mantenimiento
% de cumplimiento de los STC al total equipos	98,33	96,67	99,00
% afectación de los STC al total de equipos	1,67	3,33	1,00
% Afectación de los STC por equipo (unitario)	0,03	0,07	0,02

Tabla 12. Valores relativos de afectación de los STC

Métodos de análisis	Matriz Kepner Tregoe			Evaluación de datos		
	Técnicos	Comerciales	Total	Técnicos	Comerciales	Total
<b>Compra</b>						
% de cumplimiento de los STC al total equipos	96,67	97,00	96,83	92,22	56,00	74,11
% afectación de los STC al total de equipos	3,33	3,00	3,17	7,78	44,00	25,89
% Afectación de los STC por equipo (unitario)	0,07	0,06	0,06	0,30	1,69	0,51
<b>Arrendamiento</b>						
% de cumplimiento de los STC al total equipos	96,67	97,00	96,83	98,33	96,67	99,00
% afectación de los STC al total de equipos	3,33	3,00	3,17	1,67	3,33	1,00
% Afectación de los STC por equipo (unitario)	0,07	0,06	0,06	0,03	0,07	0,02

#### 4. CONCLUSIONES

El estudio realizado demostró que el rendimiento de los equipos mineros de los yacimientos de la empresa ECG está influenciado en gran medida por el cumplimiento de los STC. Los valores relativos promedios de afectación al equipamiento minero adquirido en las modalidades de compra y arrendamiento, por incumplimiento de los STC, fue de un 3,16 %.

## 5. REFERENCIAS

- ABARCA, R. & ALVARADO, M. 2000: Análisis de vida útil de equipos y bienes de capital. Universidad Central de Chile, 17 p. [en línea]. Consulta: 3 dic 2009. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ForazarDescargaArchivo.jsp?cvRev>
- ADUVIRE, E. O. 1990: Reemplazo óptimo de maquinaria minera en explotaciones a cielo abierto mediante el análisis sensibilidad económico financiero por la vía del riesgo. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid
- AGACHANOV, M. 2010: Sao gasprobank lising pod znakomcinergui. *Gornaya Promyshlennost* (en ruso). 5 (93) :22-24. ISSN 1609-9192.
- BACA, G. 2000: Ingeniería Económica. 6 ed. Fondo Educativo Panamericano. Bogotá, 366 p. ISBN: 9589489133
- BEICHELT, F. A. 2001: Replacement policy based on limiting the cumulative maintenance cost. *The International Journal of Quality & Reliability Management* 18(1): 76-83 [en línea]. Consulta: 4 marzo 2009. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1108/02656710110364459>
- BLANCK, T. & TARQUIN, J. 1999: Ingeniería Económica. 4 ed. Mc. Graw Hill, México, 722 p.
- BOLTINI, R. 2008: Modelos matemáticos para la optimización de reemplazo preventivo e inspecciones preventivas. En: 10mo Congreso Internacional de Mantenimiento y 4to Congreso Trinacional de Mantenimiento. Buenos Aires. 41 p. [en línea]. Consulta: 9 marzo 2010. Disponible en: <http://www.cam-mantenimiento.com.ar/down.php?id=56>.
- BOTÍN, J. A. 1986: Modelo matemático para la programación del mantenimiento y control presupuestario de sistemas de transporte de mineral mediante camiones fuera ruta. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid
- BRUZOS, G.; FRÓMETA, S.; MIRABENT, J. 2005: Análisis técnico económico de los vehículos que circulan en Cuba y la reposición del parque. *Cienciapc* [en línea], revisada 10/01/10, disponible en: <http://www.redalyc.org/articuloBasic.oa?id=181322699005>
- CANTILLO, V. 1998. Reemplazo económico de los equipos. *Ingeniería & Desarrollo*. [en línea]. 3-4 :58-63. Consulta: 21 ene 2009. Disponible en: <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/2194>
- CHURCHMAN, W.; ACKOFF, R. & ARNOFF, L. 1971: Introducción a la Investigación Operativa. Ediciones Aguilar S. A., Madrid.
- COSS, R. 1999: *Análisis y evaluación de proyectos de inversión*. 2 ed. México, Limusa, 375 p.
- CURBEIRA, D. 2002: Nueva dimensión de la teoría de la reposición y el mantenimiento. Tesis de maestría. Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez". Cuba.

- CUBA. CIRCULAR AE-358. 2008: Convertidor de Códigos de Grupos de Activos Fijos, para aplicar en el Módulo de Activos Fijos del SISCONT5. Ministerio de la Industria Básica. Área de Economía.
- ESPINOSA, J. 1990: Reemplazo de equipos: un enfoque de mantenimiento. *Mantenimiento* 1:5-10. ISSN 0716-8616
- ESPINOSA, F. 2009: Modelo para el estudio del reemplazo de un equipo. Universidad de Talca. Facultad de Ingeniería. 11 p.
- FIGUERA, J. & FIGUERA, J. R. 1979: Renovación de equipos industriales. Editorial Hispanoeuropea, Barcelona, 264 p.
- GARCÍA, M. 1969: El método MAPI como criterio para la sustitución de maquinaria. IIT Tecnología. Instituto de Investigaciones Tecnológicas v. XI, No. 6.
- GARCÍA, M. I. 2008: Perfeccionamiento del procedimiento de adquisición y explotación de los equipos mineros en la empresa Comandante Ernesto Che Guevara. Tesis de maestría. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Cuba.
- GARCÍA, M. I. & RAHUTIN, G. 2011: The use of leasing to improve the quality of maintenance equipment in the quarries of Cuba (en ruso). *Gornoié Abarudobanie i Electromejanika* [en línea]. 6 :33-38. ISSN: 1816-4528 Disponible en: <http://www.novtex.ru/gormash/soderjan2011.htm>.
- GÓMEZ, G. 2001: Análisis de reemplazo de activos físicos. Chile. 6 p. [en línea]. Consulta: 21 sep 2009. Disponible en: <http://www.gestiopolis.com/canales/financiera/articulos/17/caue.htm>
- GUTIÉRREZ, S. 1967: El método TERBORGH o M.A.P.I. para la determinación del momento de la renovación de un equipo. *Estadística Española*, 37 (Oct-Dic) :61-78. Disponible en: <http://www.ine.es>. Consulta: 21 sept 2009
- HARTMAN, J. 2001: An economic replacement model with probabilistic asset utilization. *IIE Transactions* [en línea].33 (9) :717 Consulta: 21 sep 2009. Disponible en: <http://link.springer.com/content/pdf/10.1023%2FA%3A1010941731270.pdf> doi: 10.1023/A:1010941731270
- HILLIER, F. & LIEBERMAN, G. 2001: *Investigación de Operaciones*. 7 ed. Editorial Mc. Graw Hill, México D. F.
- HOYOS, C. 2000: *Un modelo para la investigación documental: guía teórico-práctica sobre construcción de Estados del Arte con importantes reflexiones sobre la investigación*. Señal Editora, Medellín, 118 p.
- MARRERO, F. & ABREU, R. 2001: Simulación de sistemas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, p.5
- MEY, J. L. 1956: Financiering en liquiditeit. Publicado por Van der Marck.
- MIRA, L. 1994: Tiempo óptimo de reposición por obsolescencia del equipo. Biblioteca Universidad de los Andes. Santafé de Bogotá: N° 147.

- PEUMANS, H. 1966: Théorie et pratique des calculs d'investissement. *Revue économique*. 17 (4) :693-694.  
[http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/reco\\_0035-2764\\_1966\\_num\\_17\\_4\\_407724\\_t1\\_0693\\_0000\\_002](http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/reco_0035-2764_1966_num_17_4_407724_t1_0693_0000_002)
- POVEDA, G. 2002: Óptimo económico de máquinas y equipos. Parte I. Delimitación del problema. *Revista Facultad de Ingeniería* No. 27. Universidad de Antioquia, Colombia [en línea] Consulta: 6 ene 2010. Disponible en:  
<http://ingenieria.udea.edu.co/grupos/revista/revistas/nro027/articulos.htm>
- POVEDA, G. 2003: Óptimo económico de máquinas y equipos. Parte II. El modelo matemático. *Revista Facultad de Ingeniería* No. 28. Universidad de Antioquia, Colombia [en línea]. Consulta: 6 ene 2010. Disponible en:  
<http://ingenieria.udea.edu.co/grupos/revista/revistas/nro028/articulos.html>
- PRAWDA, J. 1981: *Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones*. Editorial Limusa S. A., Vol. 1/2, México D. F.
- PRECIADO, J. A. 2001: Aplicación de un modelo económico para la toma de decisiones en reemplazo de equipo de acarreo en una mina a cielo abierto. Tesis de maestría. Manzanillo, Colima [en línea]. Consulta: 6 ene 2010. Disponible en:  
[http://digeset.ucol.mx/tesis\\_posgrado/Pdf/Jose%20Antonio%20Preciado%20Hernandez.pdf](http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Jose%20Antonio%20Preciado%20Hernandez.pdf)
- RAIBMAN, N. S.; EYKHOFF, P.; CHADEEV, V. M. 1980: *Identification of Industrial Processes: The Application of Computers in Research and Production Control*. Book Sparks, N. V. ISBN 13: 9780444851819
- RAHUTIN, M. G. 2010: Metodología Abasnabania Pridielnijsastaianny i Reserva Elementov Gidra Pribadagornij Machin (en ruso) Resumen Tesis doctoral. Universidad Estatal de Moscú. 40 p.
- RAY, T. 1999: Development of an Approach to Facilitate Optimal Equipment Replacement. Louisiana State University [en línea]. Consulta: 29 sep 2009. Disponible en:  
[www.ltrc.lsu.edu/pdf/techsumm329.pdf](http://www.ltrc.lsu.edu/pdf/techsumm329.pdf).
- REUL, I. R. 1957: Profitability Index for Investments. *Harward Business Review*. 17 p.
- SASIENI, M.; YASPAN, A. & FRIEDMAN, L. 1982: *Investigación de operaciones. Métodos y problemas*. Editorial Limusa, México D. F.
- SELIVANOV, I. A. 1972. *Fundamentos de la teoría del envejecimiento de los equipos*. Editorial Mir, Moscú, 392 p.
- SCOTT, B. 2005: Contratos Mineros [en línea]. Consulta: 19 jul 2007. Disponible en:  
[http://www.upme.gov.co/guia\\_ambiental/carbon/gestion/politica/marco/marco.htm](http://www.upme.gov.co/guia_ambiental/carbon/gestion/politica/marco/marco.htm)

- TARQUIN, A. J. & BLANK, L. T. 1978: *Ingeniería Económica*. Mc. Graw Hill, México, 412 p.
- TAYLOR, G. H. 1977: *Ingeniería Económica*. 7 ed. Editorial Limusa, México, 556 p.
- TERBORGH, G. 1956: Realistic Depreciation Policy, by George Terborgh, Machinery and Allied Products Institute, 197 p. En: *The Engineering Economist* [en línea] 1 (3) :14-16. Consulta: 30 dic 2009. Disponible en: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/0013791X.1956.10131765>
- THUESEN, H. G.; FABRYCKY, W. J. & THUESEN, G. J. 1986: *Ingeniería Económica*. Prentice Hall, 210 p. [en línea]. Consulta: 30 dic 2009. Disponible en: <http://dspace.ucbscz.edu.bo/dspace/handle/123456789/841>
- VIVEROS, A.; GONZÁLEZ, V. G.; RODRÍGUEZ, B. R. 2004: Aproximación al reemplazo de equipo industrial. *SCientia et Técnica* X (45): 163-168 ISSN 0122-1701 [en línea]. Consulta: 6 ene 2010. Disponible en: <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/7245>
- WALKER, J. 1994: Graphical analysis for machine replacement: A case study. *International Journal of Operations & Production Management* [en línea] 14(10): 54. Consulta: 30 nov 2009. Disponible en: <http://www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=848823>.  
Doi: [10.1108/01443579410067252](https://doi.org/10.1108/01443579410067252)
- XODO, D.; ILESCA, G. 2006: Teoría de Fallas y Reemplazos Investigación Operativa I. En: Universidad Central inversiones [en línea]. Consulta: 6 ene 2012. Disponible en: [http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/inv\\_op/2012/apuntes/Modelos\\_de\\_Reemplazo.pdf](http://www.exa.unicen.edu.ar/catedras/inv_op/2012/apuntes/Modelos_de_Reemplazo.pdf)

**Maria Isabel García-de la Cruz**

[mgarcia@ecg.moa.minbas.cu](mailto:mgarcia@ecg.moa.minbas.cu)

M. Sc. en Ciencias Mineras. Empresa Comandante Ernesto Che Guevara,  
Carretera Moa-Baracoa, Yagrumaje km. 5 1/2 Punta Gorda,  
Moa, Holguín, Cuba.

**Mayda Ulloa-Carcassés**

[mulloac@ismm.edu.cu](mailto:mulloac@ismm.edu.cu)

Dra. en Ciencias Económicas. Profesora Titular.  
Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. "Antonio Núñez Jiménez,  
Las Coloradas s/n Moa, Holguín, Cuba.

**Orlando Belete-Fuentes**

[obelete@ismm.edu.cu](mailto:obelete@ismm.edu.cu)

Dr. en Ciencias Técnicas. Profesor Titular.  
Instituto Superior Minero Metalúrgico Dr. "Antonio Núñez Jiménez,  
Las Coloradas Moa Holguín, Cuba.