

Evaluación a la gestión del mantenimiento en equipos de excavación de la Unidad Básica Minera

Tatiana Montero Gainza

tmonterog@ismm.edu.cu

José Antonio Alayo Llorén

Clara Luz Reynaldo Argüelles

Universidad de Moa (Cuba).

María Isabel García de la Cruz

Empresa Ernesto Che Guevara

Resumen: Se evaluó la gestión del mantenimiento en equipos de extracción de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara. Esta investigación permitió conocer la realidad de dicha institución, a partir del cálculo de los indicadores de gestión del mantenimiento más importantes. Además, se establecieron medidas encaminadas a mejorar el comportamiento de estos indicadores, con el fin de lograr una mayor gestión en la empresa. Se determina que la disponibilidad de los equipos cada año disminuye y que al realizárseles mantenimientos se incumple con las horas planificadas para el preventivo, pasando a ejecutarse los mayores gastos en el correctivo, lo cual influye significativamente en los costos de mantenimiento.

Palabras clave: Excavación; mantenimiento; gestión; disponibilidad; costos.

Valuation of maintenance management in excavation equipment of the Basic Mining Unit

Abstract: The maintenance management of the extraction equipment of the Comandante Ernesto Che Guevara company was evaluated. This research allowed to know the reality of said institution, from the calculation of the most important maintenance management indicators. In addition, measures were established to improve the performance of these indicators, in order to achieve better management in the company. It is determined that the availability of the equipment each year decreases and that when the maintenance is carried out, the hours foreseen for the preventive are not met, and the higher costs are incurred in the corrective, which significantly influences maintenance costs.

Key words: Excavation; maintenance; administration; availability; costs

Introducción

El mantenimiento es una actividad que tiene no solamente un impacto directo sobre la capacidad productiva de un proyecto, sino que es un elemento clave para alcanzar condiciones de seguridad y de protección medioambiental acorde con las políticas de desarrollo sostenibles de una empresa. Cada día se hace más importante la optimización de los recursos que se encuentran en las empresas, es por ello que la gestión del mantenimiento juega un rol significativo, ya que el buen uso y su adecuada implantación hacen que las empresas logren mejoras y disminuyan costos.

Klimasauskas (2008) plantea que el mantenimiento al equipamiento minero es, en muchos casos, el primer presupuesto de la empresa y, por lo tanto, debe ser manejado de manera muy cuidadosa con una estrategia clara a través de un plan altamente estructurado que evite pérdidas, accidentes y problemas ecológicos.

El proceso evolutivo del mantenimiento ha seguido tres etapas a lo largo del tiempo que se han caracterizado por una metodología específica para cada una de ellas. En sus inicios en la primera generación el mantenimiento se considera como una labor miscelánea, que consistió en la reparación de averías o daños una vez que ocurren las paradas imprevistas del equipo (acciones netamente correctivas). En la segunda generación el mantenimiento se convierte en una labor compleja que requiere ser gerenciada con la finalidad de brindar trabajos de calidad. Para ello, se hace necesario implantar sistemas de planeación y control del mantenimiento.

Mientras que la tercera generación busca la optimización de los procesos con el propósito: a) Reducir al máximo las averías para obtener un mínimo costo generado en las actividades de mantenimiento, b) Alcanzar la calidad exigida en la producción al mantener en perfecto estado los equipos y la infraestructura que intervienen en el proceso, c) Ahorrar energía mediante el correcto funcionamiento de los diferentes sistemas. d) Conservar el medio ambiente asegurando la estanqueidad de los diferentes sistemas, e) Asegurar que los sistemas de protección funcionen correctamente para salvaguardar la integridad de las personas y el buen estado de las edificaciones y equipos (Zambrano & Leal, 2006).

Maldonado (2010) refiere que, en la actualidad, y debido a la alta competitividad de los mercados, se hace fundamental implementar una adecuada función de gestión de mantenimiento, la cual consiste en rebajar el trabajo correctivo hasta el nivel óptimo

de rentabilidad para la empresa e implementar de manera eficiente un plan de trabajo preventivo.

Zaldívar (2013), plantea que la gestión del mantenimiento que se realiza actualmente en cualquier empresa cubana aún es incompleta, influyendo en este sentido problemas con el aseguramiento general y de la logística necesaria, como vías de obtener mayores resultados económicos y técnicos.

En la Unidad Básica Minera de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara la vida útil de los equipos no se comporta como aparece en los catálogos del fabricante y en los planes que se hacen cuando estos son adquiridos, sino que sus mecanismos se deterioran precozmente y esto está condicionado por:

-Inejecución de los planes de mantenimiento y sobreexplotación de los equipos de arranque-carga.

- Problemas operacionales teniendo en cuenta las características físicas-mecánicas de los yacimientos lateríticos y otras variables asociadas al proceso de producción.

Con base en lo primeramente mostrado se realizó una investigación para evaluar la gestión del mantenimiento en los equipos de excavación de la Unidad Básica Minera de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara (UBMECG), partiendo del cálculo de sus indicadores para facilitar la toma de decisiones oportunas.

Materiales y métodos

Indicadores de mayor utilidad

Disponibilidad total

Es sin duda el indicador más importante en mantenimiento, y por supuesto, el que más posibilidades de manipulación tiene. Si se calcula correctamente, es muy sencillo: es el cociente de dividir el número de horas que un equipo ha estado disponible para producir y el número de horas totales de un periodo.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$$

$$\text{Disponibilidad total} = \frac{\sum \text{Disponibilidad de equipos significativos}}{\text{N}^\circ \text{ de equipos significativos}}$$

La disponibilidad instantánea es la función matemática más adecuada para caracterizar globalmente un sistema complejo de operación continua sujeto a separación, por lo cual se define matemáticamente la función de disponibilidad instantánea como la probabilidad que un sistema esté funcionando en el instante requerido (Sotuyo, 2008).

Costos de mantenimiento

Existen dos parámetros que son utilizados de manera constante, que son los costos y la disponibilidad, en virtud de que aportan información determinante para la gestión, la cual afecta la rentabilidad de la empresa. Aunque los costes no parecen en principio un indicador habitual para mantenimiento, nada está más alejado de esa realidad. El coste, junto con la disponibilidad, son los dos parámetros que el responsable de mantenimiento maneja constantemente, y eso es porque la información que le aportan es determinante en su gestión.

Muñoz (2014) refiere que actualmente el mantenimiento afronta lo que se podría denominar como su tercera generación, con la disponibilidad de equipos electrónicos de inspección y de control, sumamente fiables, para conocer el estado real de los equipos mediante mediciones periódicas o continuas de determinados parámetros: vibraciones, ruidos, temperaturas, análisis fisicoquímicos, tecnografía, ultrasonidos, endoscopia, etc., y la aplicación al mantenimiento de sistemas de información basados en ordenadores que permiten la acumulación de experiencia empírica y el desarrollo de los sistemas de tratamiento de datos. Este desarrollo, conducirá en un futuro al mantenimiento a la utilización de los sistemas expertos y a la inteligencia artificial con amplio campo de actuación en el diagnóstico de averías y en facilitar las actuaciones de mantenimiento en condiciones difíciles.

Por otra parte, existen cambios en las políticas de mantenimiento marcados por la legislación sobre seguridad e higiene en el trabajo y por las presiones de medio ambiente, como dispositivos depuradores, plantas de extracción, elementos para la limitación y atenuación de ruidos y equipos de detección, control y alarma. Se vaticina que los costes de mantenimiento sufrirán un incremento progresivo, esto induce a la fabricación de productos más fiables y de fácil mantenimiento.

Coste de materiales de mantenimiento

Se pueden manejar todas las subdivisiones que se considere conveniente, pudiendo ser por secciones o tipo; por ejemplo, mecánico, eléctrico, repuestos genéricos y otros.

Guerra (2012) fundamenta sobre el sistema de explotación del equipamiento minero, los equipos de carga-transporte y los medios de excavación y carga, para optimizar la productividad de la mina disminuyendo los costos improductivos del equipamiento y logrando una disponibilidad y confiabilidad a través del ajuste adecuado del sistema de mantenimiento para prevenir la ocurrencia de fallas; y por este medio conocer el tiempo y la planificación del reemplazo para disminuir los costos en relación a la reparación y las operaciones.

Costo de mano de obra (MDO)

Representa la suma de todos los salarios devengados de la actividad de mantenimiento.

Índice del costo del mantenimiento programado o preventivo

Este índice permite determinar la atención preventiva a la ocurrencia de fallas de los equipos con la relación del mantenimiento preventivo con el costo total del mantenimiento como proceso y gestión. La expresión referenciada en el manual de los indicadores de mantenimiento.

$$\% CMPP = \frac{CMPP}{CTMN} \times 100; [\%]$$

Donde:

CMPP: Costo del mantenimiento preventivo planificado.

CTMN: Costo total del mantenimiento.

Índice del costo del mantenimiento correctivo

Relaciona el costo del mantenimiento correctivo con el costo total del mantenimiento, evaluando la eficiencia de los programas de los equipos que se encuentran en el parque; en este caso se analiza si es necesario dejar trabajando el equipo hasta que comiencen las fallas sin tener en cuenta la planificación del mantenimiento. La expresión está referenciada en el manual de los indicadores de mantenimiento.

$$\% CMC = \frac{CMC}{CTMN} \times 100; [\%]$$

Donde:

CMC: Costo del mantenimiento correctivo.

Resultados y discusión

Se tomaron para la comprobación, por muestras, las operaciones correspondientes al período 2015 hasta el mes de octubre del 2018 de los equipos de excavación propios de la entidad, destacando el comportamiento de los indicadores fundamentales: disponibilidad y costos de mantenimiento. La revisión se realizó de forma detallada, incluyendo los cálculos y anotaciones realizadas en los documentos, que fueron objeto de verificación.

Evaluación a la gestión del mantenimiento en la UBMECG en cuanto al indicador disponibilidad

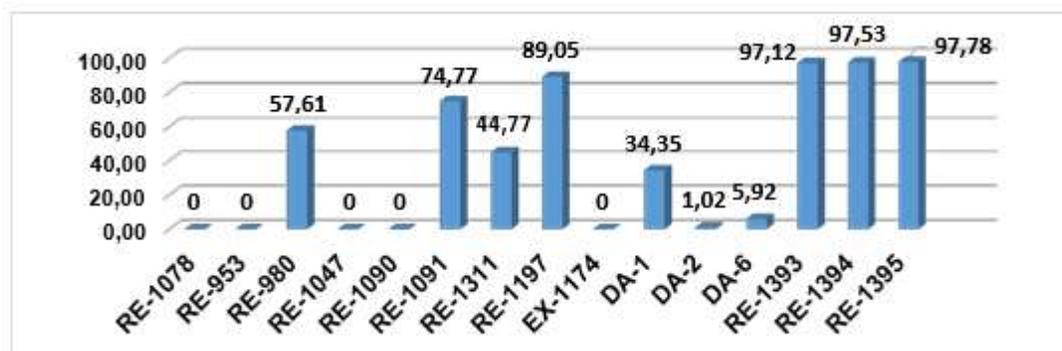


Figura 1. Porcentaje de disponibilidad 2015.

Las principales causas por las que estos equipos estuvieron sin aprovechamiento para la UBMECG fueron:

En las retroexcavadoras

- Falta de partes y piezas para la reparación del equipamiento minero (en proceso de contratación)
- Reparación en Taller Mina
- Averías continuadas.

En las dragalinas

- Averías en el centropín, la base del mismo y el plato, esto debido a la fatiga que provoca el prolongado periodo de explotación, malas operaciones y las caminatas excesivas a que han sido sometidas en los últimos tiempos.
- Reparación y cambio de motor en una de ellas.

Disponibilidad de equipos de excavación en 2016 (propios de la UBMECG)

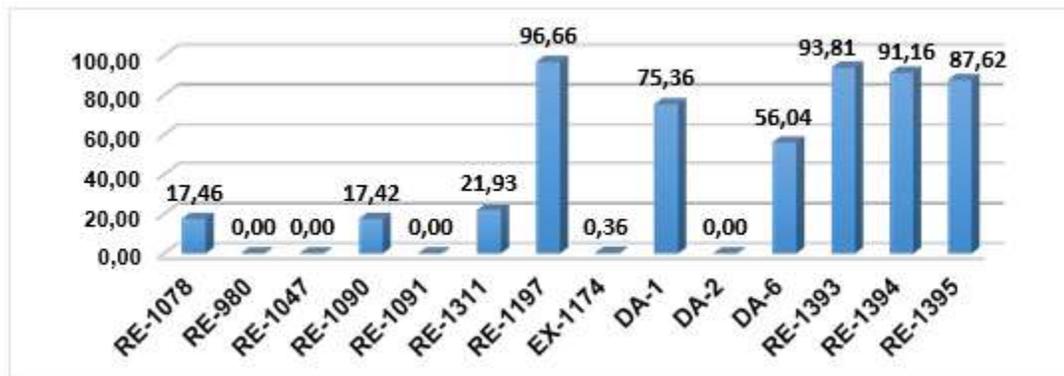


Figura 2. Porcentaje de disponibilidad 2016.

Entre las causas que permitieron que la interrupción de estos equipos afectara la disponibilidad se encuentran:

En las retroexcavadoras hidráulicas

- Falta de partes y piezas de repuesto para la reparación del equipamiento minero (Solicitadas).
- Reparaciones
- En las dragalinas
- Paralizada por averías en el centropín, la base del mismo y el plato, esto debido a la fatiga que provoca el prolongado periodo de explotación, malas operaciones y las caminatas excesivas a que han sido sometidas en los últimos tiempos.
- Reparación en Taller Mina.

Disponibilidad de equipos de excavación durante el año 2017

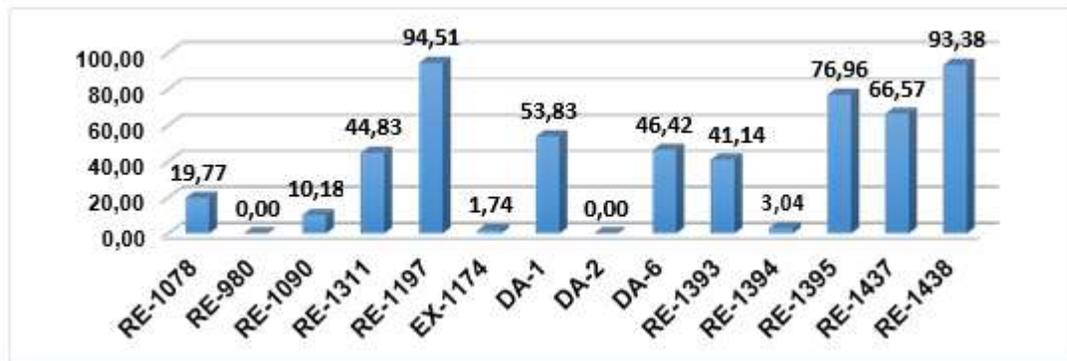


Figura 3. Porcentaje de disponibilidad 2017.

El gráfico evidencia el descenso de la disponibilidad total con respecto al año 2016 con una variación de 23,08 %. En este año se incorporaron dos nuevas excavadoras al proceso, a pesar de esto influyó significativamente la indisponibilidad de una de las dragalinas y los bajos porcentajes de disponibilidad en los demás equipos, todo esto estuvo condicionado por:

- Aumento en las averías y las reparaciones.
- Falta de partes y piezas de repuesto por el incumplimiento del plan de importación (por decisión del país no se realizaron importaciones de este tipo).

Comportamiento de la disponibilidad total en el período 2015-2017

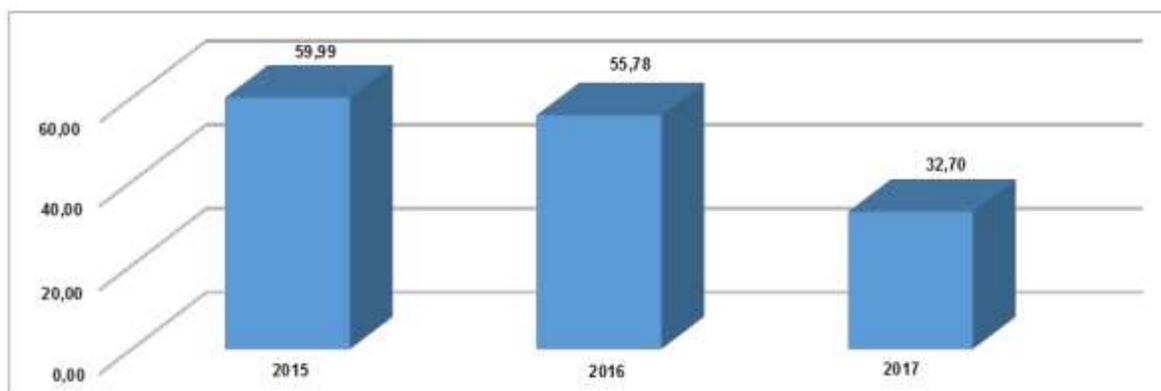


Figura 4. Porcentaje de disponibilidad total.

De manera general, en los equipos de excavación del mineral durante el período 2015-2017 se observa un descenso de la disponibilidad, lo cual está condicionado

fundamentalmente por:

- Envejecimiento del equipamiento de excavación (algunos con más de 30 años de explotación)
- Ausencia de partes y piezas de repuesto por el incumplimiento del plan de importación (por decisión del país)
- Por las continuas averías.

Comparación de los años 2017 y 2018 (acumulado hasta octubre)

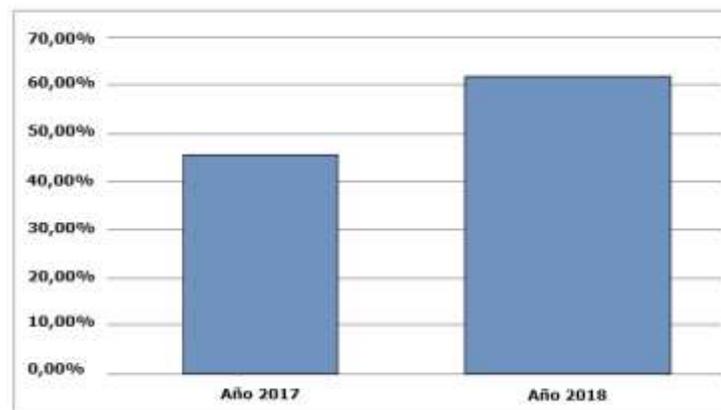


Figura 5. Disponibilidad acumulada hasta octubre.

La disponibilidad acumulada hasta octubre 2018 representa un porcentaje mayor que en el 2017, a pesar de esto en el gráfico siguiente se muestra que la disponibilidad planificada para el 2018 no se corresponde con la disponibilidad real.

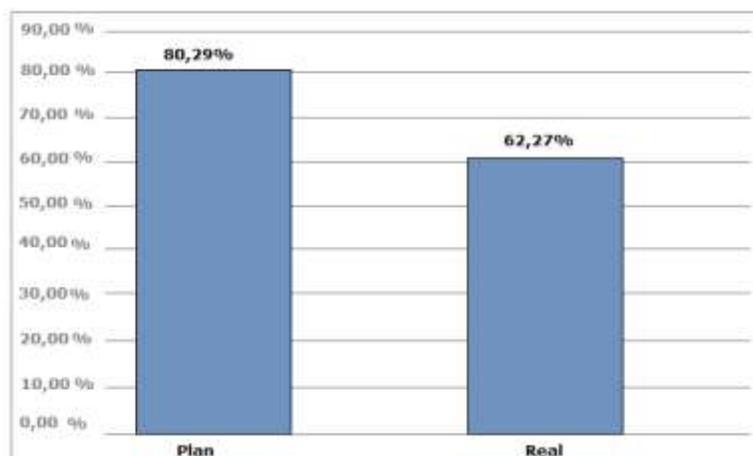


Figura 6. Disponibilidad acumulada 2018.

Las afectaciones a la disponibilidad técnica de este equipamiento minero provocan un efecto de negatividad en la productividad y el rendimiento, lo que provoca el aumento

del costo de las operaciones y del mantenimiento; que se encuentra vinculado a la reducción de los volúmenes de producción.

Evaluación a la gestión del mantenimiento en cuanto a costos de mantenimiento.

Costo del mantenimiento realizado a los equipos de excavación

Los costos del mantenimiento fueron recogidos en el informe general emitido por el departamento de mantenimiento de la UBMECG donde se recogen los gastos fundamentales generados por la actividad realizada por el tipo de mantenimiento, el costo de las operaciones y los materiales e insumos. Para la determinación de los costos por mantenimiento se tomó la relación de todos los equipos a los cuales se les desarrolló labores de mantenimiento.

Costo de materiales de mantenimiento

Entre los materiales que se emplean en el proceso de mantenimiento en la UB Minera se encuentran: filtro de aceite, filtro de aire, combustible, aceite, grasa, entre otros.

Comportamiento de los costos de materiales de mantenimiento en el período 2015-2017

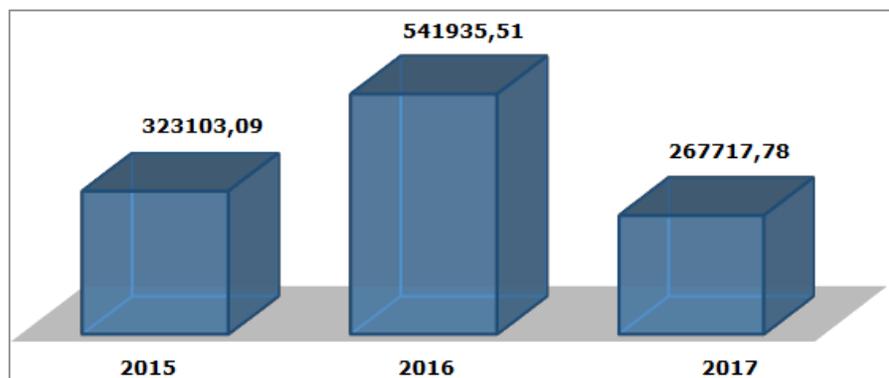


Figura 7. Costos de materiales.

Costo de mano de obra

Su valor se refleja a través de la suma de todos los sueldos y salarios devengados por los trabajadores.

Comportamiento de los costos de mano de obra en el período 2015-2017

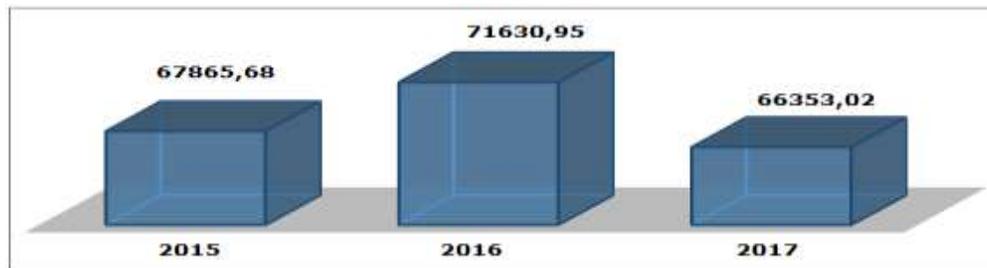


Figura 8. Costos de mano de obra.

Otros costos de mantenimiento

Comprende el costo de otros elementos que intervienen en el mantenimiento de los equipos, tales como aceite, electrodos y acetileno.

Comportamiento de otros costos de mantenimiento en el período 2015-2017

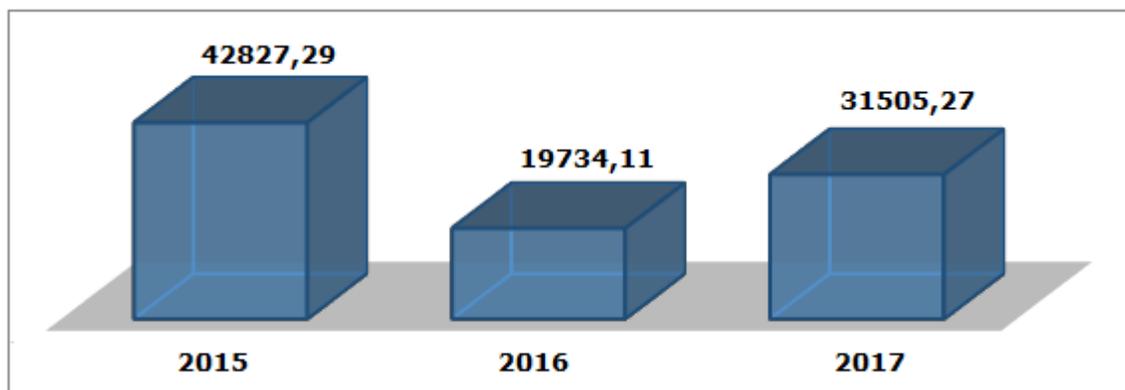


Figura 9. Otros costos.

El comportamiento de otros costos en el 2016 es menor porque según los datos recopilados en este año solamente dos retroexcavadoras del total incidieron significativamente en elevados costos.

Costo total de mantenimiento

El costo total de mantenimiento comprende la suma de todos los costos destinados para el proceso de mantenimiento. En la Unidad Básica Minera se relaciona la suma de: costo de materiales, costo de mano de obra propia y otros costos.

Comportamiento del costo total de materiales, mano de obra y otros costos (2015-2017)

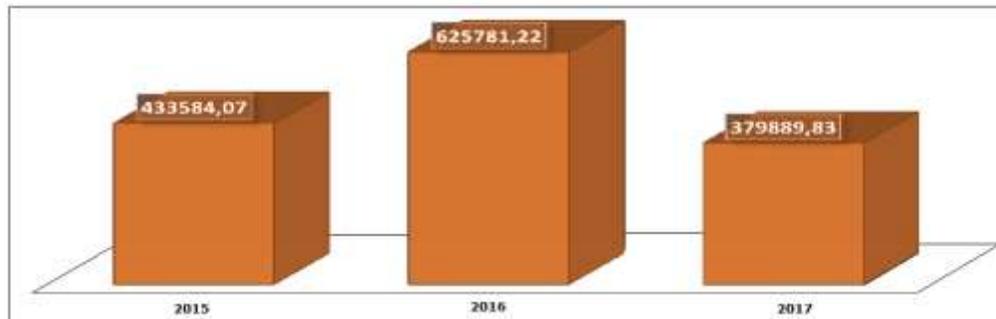


Figura 10. Costo total de mantenimiento.

Costo de materiales, costo de mano de obra, otros costos y costo total de mantenimiento acumulados hasta octubre

Acumulado hasta octubre (2017-2018)

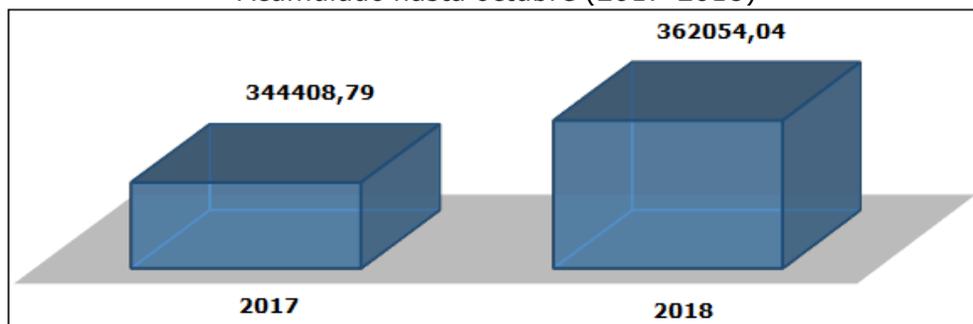


Figura 11. Costo total de mantenimiento hasta octubre.

El acumulado hasta octubre es mayor en el 2018 porque se incorporaron dos excavadoras nuevas a las que se les ha realizado mantenimientos y se importaron dos motores para las dragalinas, que también se les efectúa el mantenimiento establecido. Aun así, en las comisiones de Balance se registran hasta el período inejecuciones en los costos de mantenimiento, donde inciden fundamentalmente los materiales de mantenimiento por la falta de partes y piezas de repuestos, combustible diesel, entre otros.

Índice del costo del mantenimiento preventivo planificado (CMPP)

Este índice permite determinar la atención preventiva a la ocurrencia de fallas de los equipos con la relación del mantenimiento preventivo con el costo total del mantenimiento como proceso y gestión.

Para determinar el costo de mantenimiento preventivo primeramente se analiza el cumplimiento de las horas planificadas para este tipo mantenimiento.

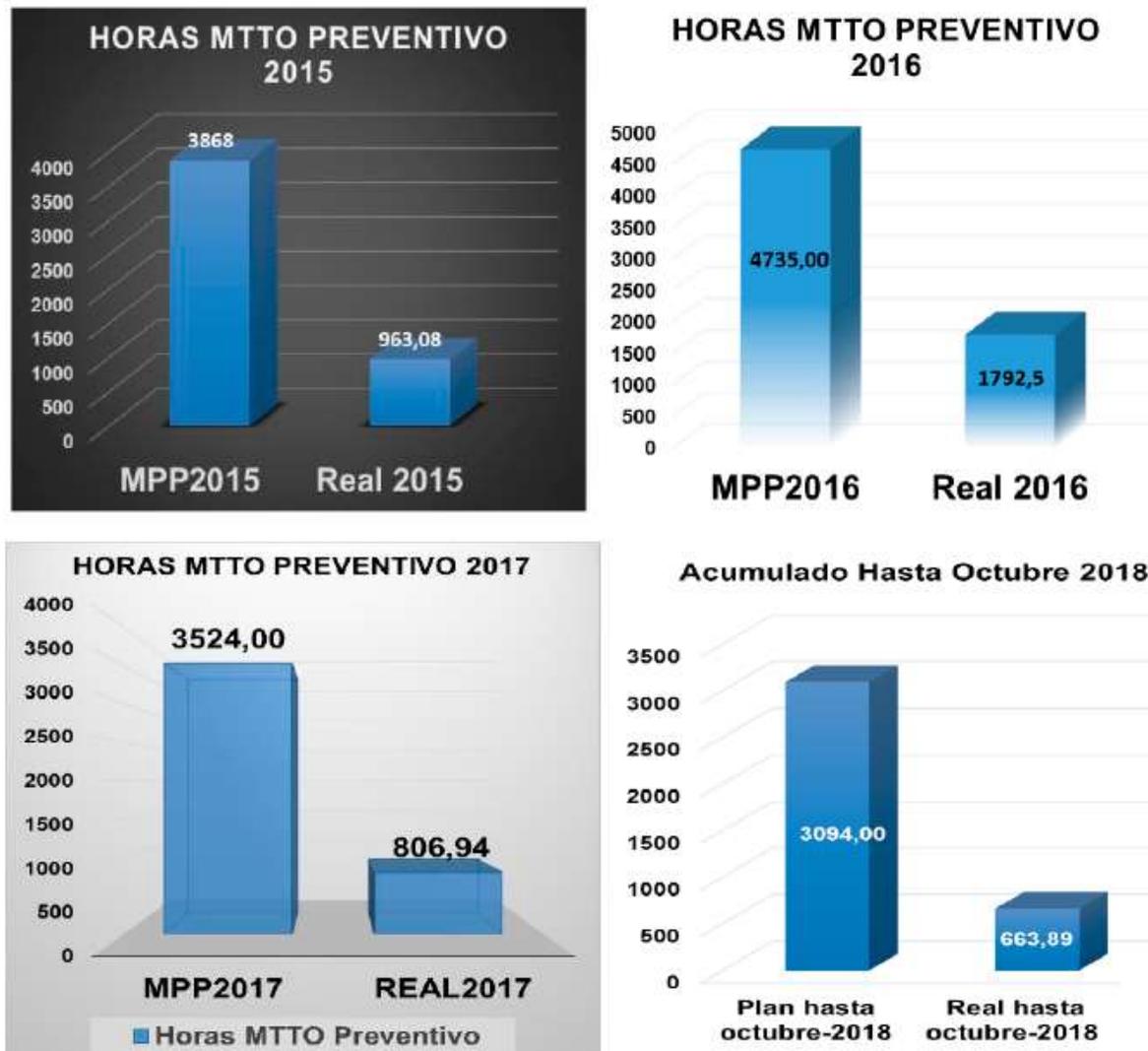


Figura 12. Horas de mantenimiento preventivo 2015-2017 y acumulada hasta octubre 2018.

En los gráficos anteriores se evidencian que las horas planificadas para realizar el mantenimiento preventivo no se ejecutan en su totalidad, esta situación causa que la mayor parte de los gastos de mantenimiento pasen al mantenimiento correctivo.

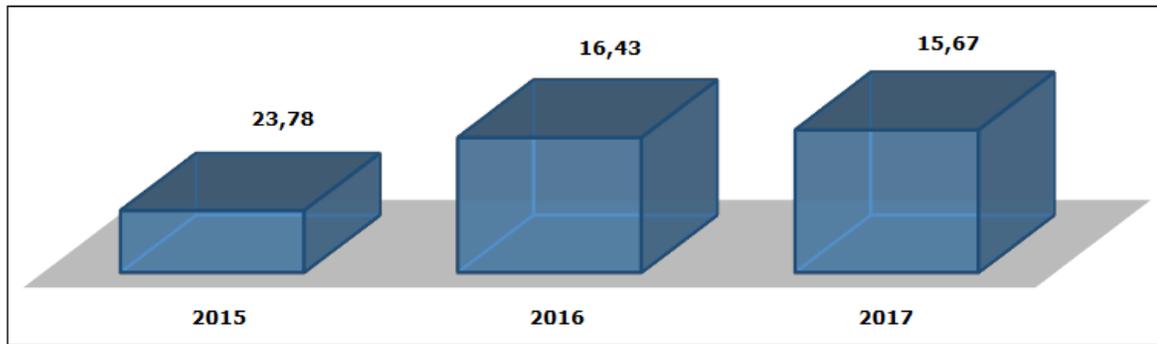


Figura 13. Porcentaje de costo de mantenimiento preventivo.

Índice del costo del mantenimiento correctivo (CMC)

Relaciona el costo del mantenimiento correctivo con el costo total del mantenimiento, evaluando la eficiencia de los programas de los equipos que se encuentran en el parque, en este caso se analiza si es necesario dejar trabajando el equipo hasta que comiencen las fallas sin tener en cuenta la planificación del mantenimiento.

La determinación y la relación de los costos del mantenimiento va en correspondencia de la selección del tipo de mantenimiento y los costos que derivan de estos gastos que son siempre son elementos de gastos; también se ven reflejados como costos de inversión a partir de las ganancias y de la obtención de la producción.

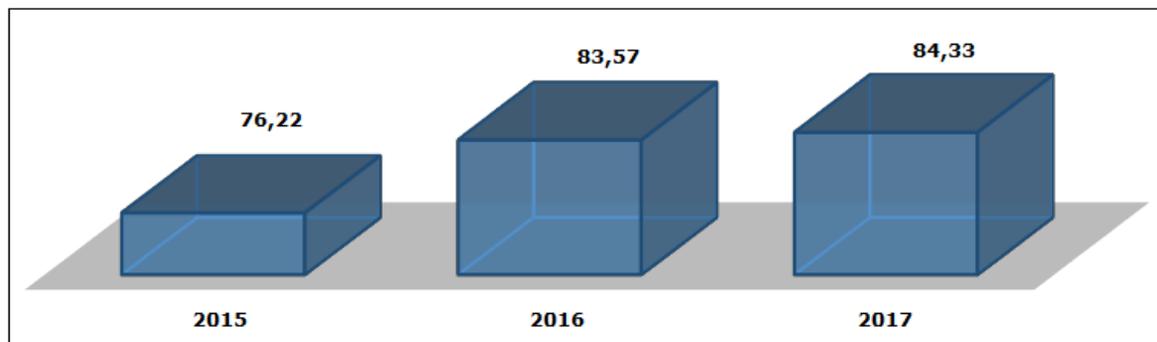


Figura 14. Porcentaje de costo de mantenimiento correctivo.

Acumulado hasta octubre

Tabla 1. Costo correctivo acumulado hasta octubre

Acumulado	2017	2018
MPP	76 019,68	38 024,25
MC	524 833,12	324 029,79

Durante 10 meses en los años 2017 y 2018 se observa un incremento acelerado de los mantenimientos correctivo en comparación con los preventivos, esto significa que la entidad está incurriendo en gastos de reparaciones de gran valor.

Índices del costo de los tipos de mantenimiento

En los estudios realizados en la UBMECG a los equipos de excavación se determinó que el mayor costo se genera a través del mantenimiento correctivo porque no se cumplen con las horas planificadas para el mantenimiento preventivo y se detiene el equipo cuando ocurren las fallas, por tanto, no se realizan los cambios de piezas y agregados en el tiempo planificado por lo que se le cargan la mayor parte de los gastos al mantenimiento correctivo, cuando debería ser, al contrario.

Podemos constatar una violación al sistema de mantenimiento planificado a los equipos de excavación en la UBMECG.

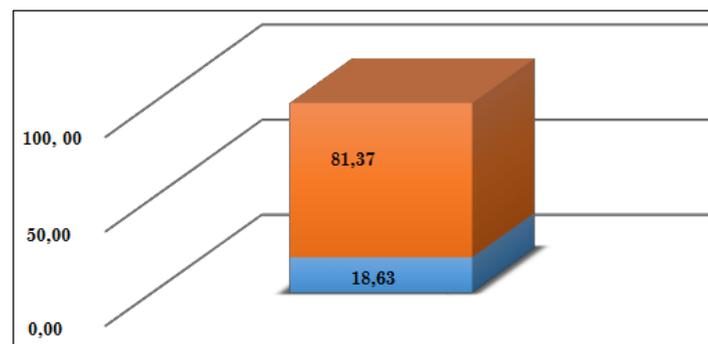


Figura 5. Porcentaje de costo por tipo de mantenimiento.

Relación disponibilidad-costos de mantenimiento

La vida útil de los equipos comprende el tiempo desde que inició sus funciones hasta el momento en que se calcula. A este período se le añade el tiempo de explotación prolongado que se les da a estos equipos. Mientras más años pasen los equipos nuevos tienden a disminuir su disponibilidad porque su rendimiento no es el mismo. Es decir que al disminuir la disponibilidad de los equipos más dinero se tiene que invertir en la reparación de las averías y, por tanto, se incrementan aún más los costos de mantenimiento.

Medidas que podría adoptar la UBMECG para erradicar las incidencias negativas de los indicadores analizados

- Tener en cuenta el tiempo de obsolescencia de los equipos y cuándo es momento de sustituirlos. En vez de reparar continuamente un equipo obsoleto se podría invertir en un equipo nuevo.
- Acortar el tiempo establecido para realizar el mantenimiento preventivo, teniendo en cuenta las condiciones medioambientales del municipio que pueden provocar que los equipos se deterioren o sufran averías en un tiempo más corto que el esperado.

Conclusiones

Se establecen los indicadores de gestión del mantenimiento a evaluar partiendo de las bibliografías estudiadas.

Se demuestra, a partir del cálculo de los indicadores, que la gestión del mantenimiento en la UBMECG no es eficiente, económica y eficaz.

En cuanto a la disponibilidad se comprueba que el índice de equipos de excavación disponibles durante el período estudiado (2015-2018) ha disminuido notablemente; esta situación ocurre porque muchos de los equipos permanecen indisponibles largos períodos de tiempo por la ausencia de partes y piezas de repuesto para su reparación, además de la continua sobreexplotación a la que son sometidos algunos con más de 30 años de explotación.

Se evidencia que los costos de mantenimiento correctivo superan a los de mantenimiento preventivo cada año. Esto sucede porque se incumplen con los planes de mantenimiento preventivo y la mayor parte de los gastos incurridos en el proceso de mantenimiento se cargan al mantenimiento correctivo.

Referencias bibliográficas

GUERRA, E. 2012. *Relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo del equipamiento minero en la mina de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara*. Tesis de maestría. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa.

KLIMASAUASKAS, R. E. 2008. *Mantenimiento en minería*. Exincor SRL, Argentina, 48 p.

MALDONADO, A. 2010. *La necesaria gestión del mantenimiento*. Electroindustrial, Bogota, Colombia.

MUÑOZ, B. 2014. *Mantenimiento Industrial*. Universidad Carlos III, Madrid.

SOTUYO, S. 2008. Mantenimiento Industrial. *Revista Virtual Pro 7*.

ZALDÍVAR, M. C. 2013. La confiabilidad operacional y su perspectiva para mejorar la explotación de las máquinas agrícolas. *Ingeniería Agrícola 3(1)*: 54-60.

ZAMBRANO, S. Y LEAL, S. 2006. Proceso de implantación de las nuevas tendencias de mantenimiento en procesos productivos. *Revista científica UNET 18(2)*: 204-211.