

# Altura racional de escalón en las canteras cubanas para materiales de construcción

**Nilo Flores Ruiz**

[explomat@explomatofc.co.cu](mailto:explomat@explomatofc.co.cu)

Empresa EXPLOMAT

**José Antonio Otaño Noguel**

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

Universidad de Moa (Cuba)

**Resumen:** Se realizó el análisis de las averías, en piezas, componentes y agregados del conjunto de perforación que afectan el tiempo operativo de los complejos de perforación cuando son utilizados por encima de una profundidad determinada. Como resultado se elabora una propuesta de altura de escalón que permite la utilización de forma armónica a la gama de complejos de perforación utilizados por la empresa EXPLOMAT en las canteras, tanto para la actividad de desarrollo minero como en la producción para elevar el rendimiento de la perforación.

**Palabras clave:** altura de escalón; complejos de perforación; materiales de la construcción.

## **Rational height of step in the Cuban quarries for construction materials**

**Abstract:** The analysis of breakdowns was carried out on parts, components and aggregates of the drilling assembly that affect the operating time of the drilling complexes when they are used above a certain depth. As a result, a step height proposal is elaborated that allows the harmonious use of the range of drilling complexes used by the company EXPLOMAT in the quarries, both for the mining development activity and in production to increase the performance of the drilling.

**Keywords:** step height; drilling complexes; construction materials.

## **Introducción**

La empresa EXPLOMAT es la encargada de realizar los trabajos de perforación en las canteras que producen el rajón que se entrega a las plantas trituradoras para producir los áridos demandados.

EXPLOMAT es una empresa única en el país, que tiene el patrimonio de la prestación de servicios y comercialización de renglones que son propios de la entidad, con características de ser ampliamente competitivos, sin competencia formal en el marco de un mercado conocedor de los servicios y productos que comercializa, además de trabajo en los yacimientos; cuestiones que hacen que la entidad, sin competencia formal, se enfrente a un mercado exigente (Alfonso *et al.*, 2011).

Para la realización de estos trabajos la empresa cuenta con una gama de equipos de diferentes características y generaciones por su tiempo de fabricación y fabricantes. Las canteras de las empresas productoras de áridos no siempre presentan las condiciones necesarias para la mejor utilización de esa gama de equipos de perforación, donde la altura de escalón varía entre 6 m y más de 20 m y ejerce una gran influencia, pues influye en la productividad de la perforación debido al tiempo perdido por diferentes causas.

En este trabajo se realiza un análisis de los factores que provocan las pérdidas de tiempo en la perforación y la influencia de la altura de escalón en esta variable, para lo cual se realiza una propuesta de altura racional de escalón en las canteras cubanas para materiales de construcción.

## **Materiales y métodos**

### **Gama de equipos de perforación**

La gama de equipos de perforación que la empresa EXPLOMAT utiliza en las canteras de materiales para la construcción está conformada por:

- Carretillas BB AS Record sobre neumáticos con largo de barrena de 2 m.
- Carretillas autopropulsadas ROC 460 y AIR ROC D55 con largo de barrena de 3 m.
- Carretillas autopropulsadas ROC D55 y FLEXI ROC D55 con largo de barrena de 5 m.
- Máquinas perforadoras ZEGA D-470 con largo de barrena de 6 m.

### Condiciones geológicas y de trabajo en las canteras

Las canteras de las empresas productoras de áridos no siempre presentan las condiciones necesarias para la mejor utilización de esa gama de equipos de perforación. Las Figuras 1, 2 y 3 muestran las problemáticas presentes en las canteras.

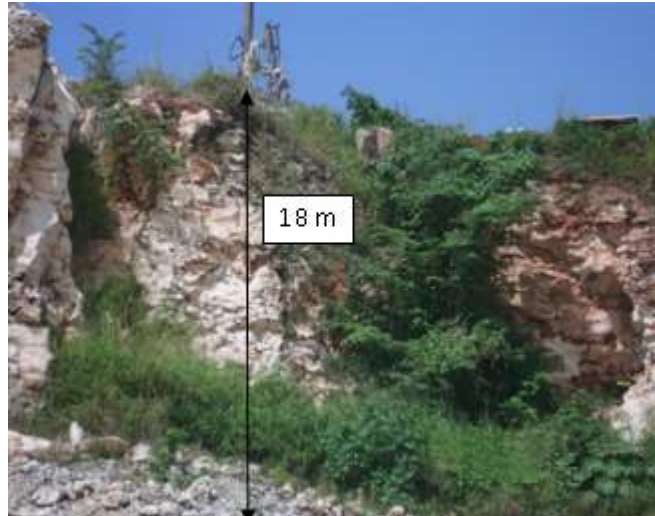


Figura 1. Altura de escalón que varía entre los 6 m y más de 20 m.



Figura 2. Presencia de bolsones de arcilla y mal estado de los taludes.

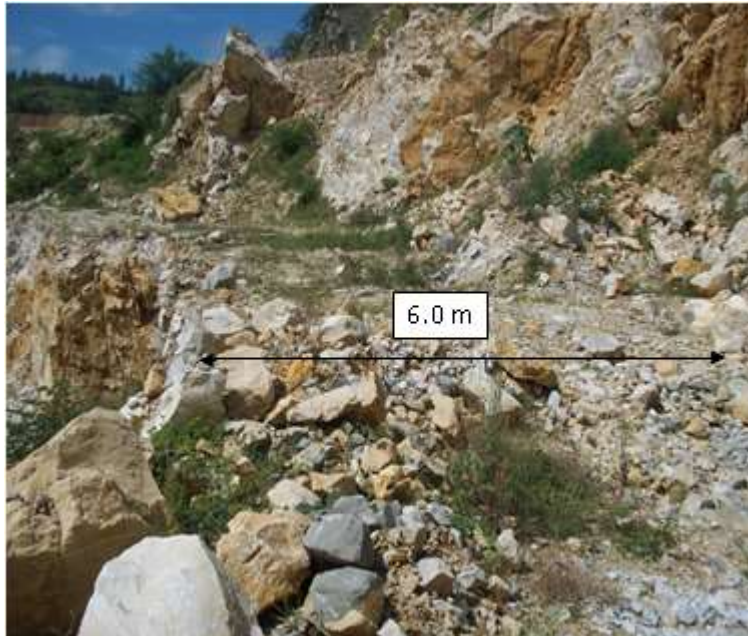


Figura 3. Ancho reducido de plataforma y falta de limpieza.

Todas estas deficiencias afectan los mecanismos de barrenación de los complejos e influyen en las roturas que se producen y causan pérdidas de tiempo y disminución de la productividad en la perforación.

Registros de horas máquinas perdidas por los complejos de perforación en el periodo de dos años (2017 y 2018):

- Comportamiento general de roturas de equipos de perforación año 2017
- Comportamiento general de roturas de equipos de perforación año 2018
- Comportamiento de averías año 2018 contra año 2017
- Frecuencia de averías en mecanismos de rotación contra longitud de perforación
- Frecuencia de averías en los medios y aditamentos de perforación contra longitud de perforación
- Comportamiento de pérdidas de tiempo por averías en el año 2017 y en el 2018
- Tiempo perdido por avería en el mecanismo de rotación
- Tiempo perdido por avería en el mecanismo de rotación contra longitud de perforación
- Tiempo perdido por averías en medios y aditamentos de barrenación contra longitud de perforación.

## Servicio de mantenimiento

La empresa cuenta, a nivel central, con una dirección de mantenimiento y una UEB de mecanización y brigada de mecánicos para el mantenimiento y servicios técnicos en cada una de las tres UEB. La dirección de mantenimiento planifica, orienta y controla los trabajos de mantenimiento y adquisición de equipos, componentes y medios para equipos, talleres y fuerza técnica especializada, basada en las prescripciones establecidas por los manuales de los fabricantes de los equipos y postulados de López-Jimeno y demás colaboradores (1991).

La UEB de mecanización controla la planificación de los mantenimientos y contempla un grupo de mecánicos que ejecutan los trabajos de más complejidad en taller o en las obras donde se encuentren los equipos. Las brigadas de mantenimiento de las UEB ejecutan los trabajos técnicos básicos de sostenimiento del estado de operación de los equipos y medios para el trabajo.

## Resultados y discusión

Comportamiento general de roturas de equipos de perforación

Tabla 1. Comportamiento general de rotura de equipos de perforación en la empresa EXPLOMAT en el año 2017

Año	Producción de perforación (m)	Horas máquina de roturas	Por avería en el sistema y medios de perforación
2017	Total	CB-CO	Horas perdidas
Total	733 583,3	15 730,7	1 840,7
%			11,7

## Comportamiento general de roturas de equipos de perforación año 2018 de las frecuencias de averías en el 2018 contra el 2017

Tabla 2. Comportamiento roturas en el año 2018

Año	Producción de perforación (m)	Horas máquina de roturas	Por averías en el sistema y medios de perforación
2018	Total	CB-CO	Horas totales
Total	522 705,5	8 043,55	2 122
%			26,3

Tabla 3. Comportamiento de averías

Localización de las averías	Frecuencia 2018		Frecuencia 2017		Crecimiento o decrecimiento entre 2018-2017
	u	%	u	%	
Mecanismo de rotación	100	61,3	80	54,7	20
Mecanismo de empuje	4	2,5	8	5,4	-4
Afectación en los medios y aditamentos de barrenación (barrena, martillos, brocas, copling)	59	36,2	58	39,9	1

**Frecuencia de averías**

Las figuras 4 y 5 muestran la frecuencia de averías en mecanismos de rotación contra longitud de perforación y en los medios y aditamentos de barrenación contra longitud de perforación respectivamente.

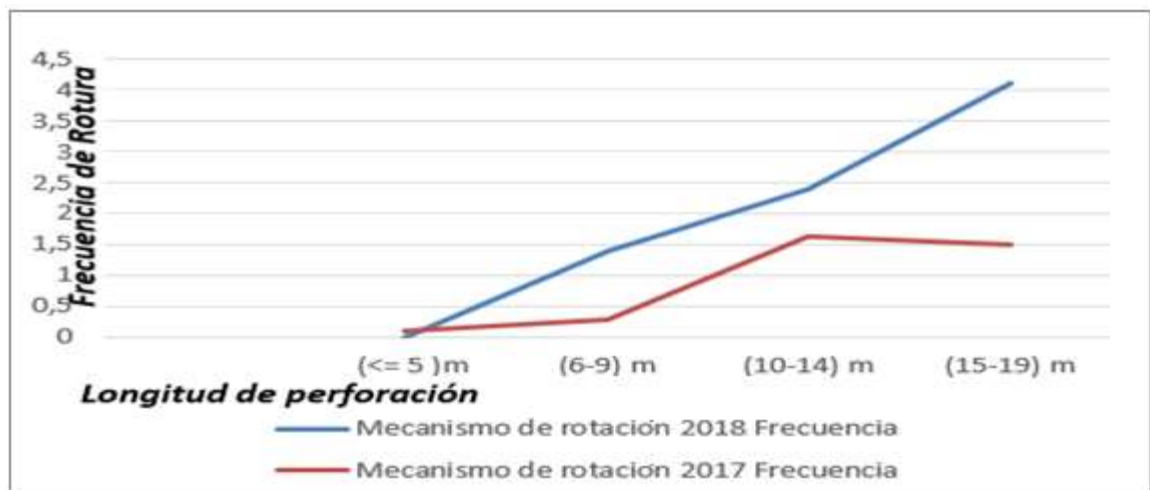


Figura 4. Frecuencia de averías en mecanismo de rotación contra longitud de perforación en los años 2017 y 2018.

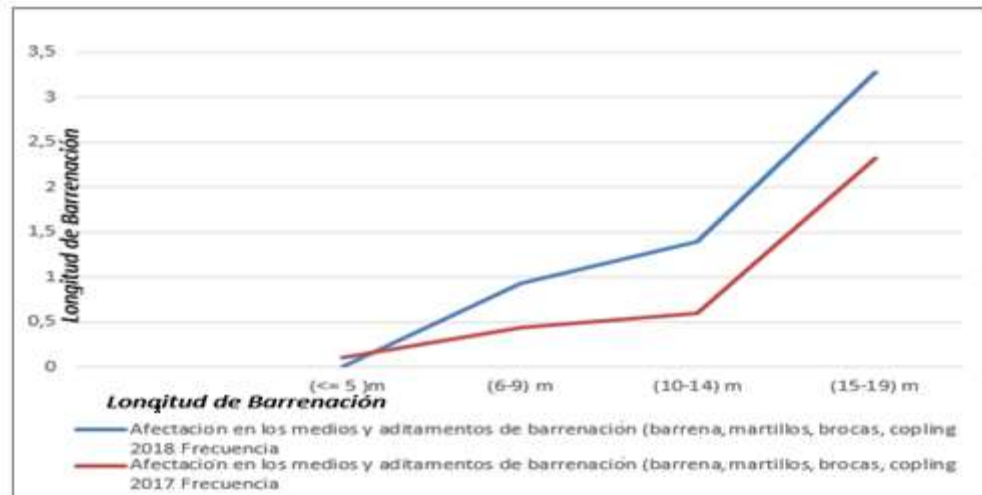


Figura 5. Frecuencia de averías en los medios y aditamentos de perforación contra longitud de perforación.

La tabla 4 muestra el comportamiento de pérdida de tiempo por averías en el 2018 contra el 2017.

Tabla 4. Comportamiento de pérdida de tiempo

Localización de las averías	Tiempo perdido en el 2018		Tiempo perdido en el 2017		Crecimiento o decrecimiento entre 2018-2017
	horas	%	horas	%	
Mecanismo de rotación	1 265	59,6	1020,7	53,7	304,3
Mecanismo de empuje	112	5,3	220	11,6	-108
Afectación en los medios y aditamentos de barrenación (barrena, martillos, brocas, copling)	745	35,1	660	34,7	85

Las Figuras 6 y 7 muestran el tiempo perdido por averías en el mecanismo de rotación y por averías en medios y aditamentos contra longitud de perforación, respectivamente.



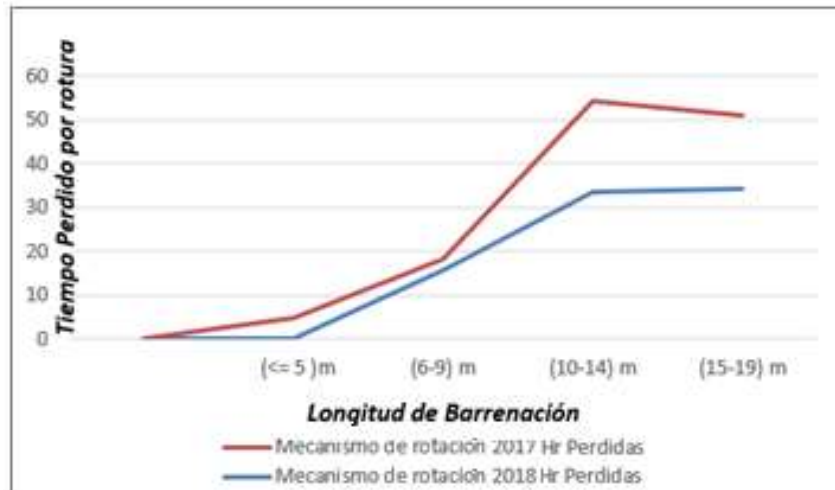


Figura 6. Tiempo perdido por averías en el mecanismo de rotación.

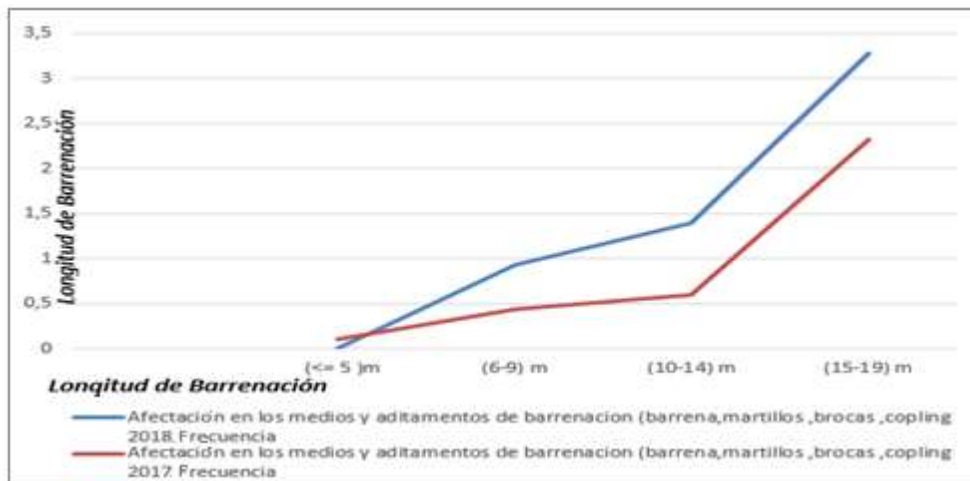


Figura 7. Tiempo perdido por averías en medios y aditamentos contra longitud de perforación.

El tiempo total de paralización debido a las averías en conjunto planetario, motores de rotación y marcha, sistema de mando, trenes de barrenación, crecieron en el año 2018 en 14,53 % con relación al año 2017.

La frecuencia de roturas y el tiempo perdido en los mecanismos de rotación de los complejos de barrenación crecen con el aumento de la longitud de los barrenos, siendo más frecuentes en barrenos superiores a 10 m de longitud.

La frecuencia de roturas y el tiempo perdido en los medios y aditamentos de barrenación crecen con el aumento de la longitud de los barrenos, siendo más frecuentes en barrenos superiores a 10 m de longitud.

La frecuencia de roturas y el tiempo perdido en los mecanismos de empuje de los complejos de barrenación se mantienen estables con el aumento de la longitud de los barrenos en los dos años de análisis.

### **Influencia del mantenimiento**

El mantenimiento está regido por la política de mantenimiento establecida para cada equipo por separado, con el empleo de un sistema de gestión de mantenimiento, que combine las filosofías correctivas, preventivas y predictivas, con un carácter planificado e integral.

El mantenimiento se relaciona con los resultados productivos, garantizando el adecuado funcionamiento, con eficiencia, calidad y rentabilidad de los equipos y agregados, evitando paralizaciones, roturas y afectaciones no previstas.

Se considera que no es un factor de influencia en la pérdida de tiempo por averías.

### **Velocidad media de perforación**

Las velocidades medias alcanzadas por una perforadora en un periodo de trabajo dependen, al margen de la eficiencia de la organización, de los siguientes factores:

Profundidad de los barrenos

### **Tiempo de maniobras**

La longitud de los barrenos marca el número de varillas y empalmes de la sarta de perforación que, en el caso de las perforadoras con martillo en cabeza, afectan los ritmos de avance por concepto de pérdidas de rendimiento por falta de rigidez en los acoplamientos y por rozamiento interno entre las varillas (López-Jimeno, 1994).

En EXPLOMAT la mayoría de las máquinas de perforación usan martillo en fondo por lo que no es afectada por este concepto.

El tiempo de maniobras está ligado a la cantidad de varillas a usar para perforar la profundidad deseada, de ahí la necesidad de relacionar la profundidad de barrenación con el largo de la barrena de cada complejo de barrenación. En la Tabla 5 se exponen los largos de barrena de los complejos de barrenación utilizados en EXPLOMAT.

Tabla 5. Largo de barrenación de complejos de barrenación

Esquema de cantidad de cambios de barrenas y profundidad de barrenacion equipamiento EXPLOMAT														
							Rango y limite de longitud de barrenacion propuesto							
Tipo de perforadoras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Cantidad de cambios	
Carretilla S/N	1			2		3		4		5			4	
Carretillas autopropulsadas Roc 460 PC y Air Roc D-55	1			2		3			4				3	
Power Roc D-55 y Flexi Roc D-55	1				2								1	
ZEGA D-470	1						2							1

Considerando las diferentes longitudes de barrena y conociendo que el cambio de barrena óptimo para un rendimiento de perforación estable es menos de cinco cambios, podemos visualizar una zona de altura de escalón entre los 7 m a 10 m, donde coinciden más complejos de barrenación con cambios de varilla, concordando con los resultados de menor afectación en el mecanismo de barrenación.

**Propuesta de altura de escalón racional para las canteras de materiales para la construcción en Cuba**

Considerando lo antes expuesto, donde se determinaron las causas y los parámetros que afectan el rendimiento de la barrenación en canteras de áridos en las empresas de materiales para la construcción, se propone un rango de altura de escalón de 6 m a 10 m, que permite aumentar la velocidad promedio de perforación al disminuir el tiempo perdido por las afectaciones a la disponibilidad técnica de los complejos de barrenación. Igualmente, posibilita utilizar en la actividad de perforación toda la gama de complejos de barrenación existente que aseguren la demanda para garantizar la perforación y voladura para producción y el desarrollo minero.

Este rango de altura de escalón guarda relación con la recomendada de acuerdo con el equipo de carga utilizado, que en la mayoría de las canteras es la cargadora frontal sobre neumáticos y que es de 8 m a 10 m.

Para alturas de 6 m a 8 m se utilizarían las carretillas barrenadoras sobre neumáticos Stenuick BB AS record y carretilla barrenadora sobre neumáticos Taíno.

Para el rango de 9 a 10 m se emplearían los complejos carretillas autopropulsados sobre orugas Roc 405,460,460 PC, Power Roc D-55, Flexi Roc y ZEGA D-470.

## Conclusiones

La frecuencia de roturas en los mecanismos de rotación y en los medios y aditamentos de perforación y el tiempo perdido, en las condiciones prevalecientes en las canteras, aumentan con el incremento de la longitud de perforación; con mayor intensidad a partir de los 10 m.

El análisis de las longitudes de barrenas de la gama de complejos de perforación de la Empresa EXPLOMAT, que varía entre 2 m y 6 m, indica que para obtener un menor tiempo de maniobras y, por ende, mayor velocidad media de perforación, la longitud de perforación no debe ser superior de 10 m.

Si las empresas productoras de áridos asumen el rango de alturas de escalón propuesto se podrá contar con mayor cantidad de equipos de diferentes características con más capacidad productiva y fondo de tiempo de explotación y su mejor distribución por los territorios.

## Referencias bibliográficas

LÓPEZ-JIMENO, C. 1994. *Manual de perforación y voladura*. Instituto tecnológico Geominero de España, Madrid.

LÓPEZ-JIMENO, C. ; LÓPEZ-JIMENO, E.; MANGLANO, S. & TOLEDO, J. M. 1991. *Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto*. Instituto tecnológico Geominero de España, Madrid.

ALFONSO, D.; VILLAZÓN, A.; MILANES, P. E.; RODRÍGUEZ, A. & ESPÍN, R. 2011. Procedimiento general de rediseño organizacional para mejorar el enfoque a procesos. *Ingeniería Industrial* 32(3): 238-248. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360433577010pp>.