



Problemática socioambiental asociada a los métodos de arranque de la roca en las canteras de materiales de la construcción*

Helvi Penehafo Mbango

Carrera: Ingeniería en Minas

Instituto Superior Minero Metalúrgico (Cuba).

Resumen: Los materiales de construcción constituyen un importante renglón en el desarrollo de la economía de Cuba. El presente trabajo tiene como objetivo valorar el impacto socio-ambiental asociado a los métodos de arranque de las rocas en las canteras de materiales de la construcción. Para ello se realizó un estudio de los métodos de arranque utilizados y los criterios de su selección que permitió realizar una propuesta de métodos de arranque económicos. Finalmente se hace un estudio de los impactos provocados sobre el medio por la explotación de canteras de materiales de la construcción.

Palabras clave: Arranque de roca; canteras; materiales de la construcción; impacto ambiental de la minería.

* Trabajo tutorado por la M. Sc. Naísma Hernández Jatib.
Recibido: 12 diciembre 2014 / Aceptado: 16 junio 2014.

Environmental and social impact of rock extraction methods in construction material quarries

Abstract: Materials of construction are an essential item for the Cuban economic growth. The objective of this investigation is to evaluate the environmental and social impact of rock extraction methods currently used in construction material quarries. The extraction methods and selection criteria in place were investigated to propose cost-effective extraction methods. Subsequently, an environmental impact assessment of construction material quarrying operations was completed.

Key words: Rock extraction; quarries; materials of construction; environmental impact of quarrying operations.

Introducción

El aumento de la demanda en el sector de la construcción durante los últimos años ha generado un incremento en la extracción de materia prima mineral; las canteras, graveras y areneras cercanas a los principales núcleos urbanos son las preferidas para la obtención de material.

Estas actividades extractivas originan fuertes impactos lo que genera falta de control por parte de las autoridades ambientales. Al revisar detalladamente todo el engranaje de la actividad minera se comprueba que tiene numerosos parámetros por cumplir, lo que deja visibles cicatrices en el paisaje citadino.

Dado que los agregados pétreos constituyen un insumo fundamental para la construcción y, a su vez, esta es una de las principales fuentes de crecimiento económico y, por tanto, de bienestar para la sociedad, es importante tener en cuenta que la eficiencia en la extracción de estos materiales y su costo tiene impactos importantes sobre las economías locales y regionales. Por sus efectos ambientales, la extracción de estos materiales es una actividad que puede generar rechazo, más aun cuando existe un precedente de explotaciones ilegales con efectos ambientales muy negativos (Fedesarrollo, 2006).

En cuanto a las etapas que se llevan a cabo para la extracción de estos materiales, estas inician con la exploración en donde se localiza el depósito que puede abastecer al mercado a un precio competitivo. Posteriormente, se realiza la extracción de los agregados, utilizando maquinaria pesada, los cuales son llevados a la planta de beneficio para su lavado, trituración y clasificación, quedando así listos para el envío a los centros de consumo.

La problemática inicial que inspiró la realización de esta investigación está relacionada con el impacto socioambiental asociada a los métodos de arranque de la roca en las canteras de materiales de la construcción, la cual se caracteriza por las siguientes regularidades:

- Los macizos explotados han sido estudiados por investigadores, los cuales han enfocado el análisis desde el punto de vista ingeniero-geológico, geomecánico y

utilizando perforación y voladura. Sin embargo, en la bibliografía consultada no se encontraron investigaciones relacionadas con la elección del método de arranque de la roca en canteras.

- En los últimos años se han introducido en el país equipos que pueden realizar el arranque mecánico, los que han sido destinados a la sustitución de los explosivos en la fragmentación secundaria solamente, cuando en el mundo son empleados eficientemente para el arranque directo en los frentes de cantera. De aquí la necesidad de realizar los estudios que permitan argumentar, de forma científico-técnica y económicamente factible, su empleo en las canteras.
- Existen incongruencias entre las características geomecánicas de los macizos rocosos, las condiciones objetivas de las canteras y el método de arranque de la roca utilizado, siendo en la mayoría de los casos, empleado el arranque por voladura, debido a que es el método que asegura el plan de un mes, en otros de una semana, etc. Es meritorio señalar que la carencia de equipos e investigaciones que brinden los criterios científicos para la selección racional del arranque, e incluso para el propio perfeccionamiento del método de voladuras, es un problema actual de la extracción de áridos en Cuba.

El objetivo del presente trabajo es valorar el impacto socio-ambiental asociado a la selección del método de arranque de la roca en las canteras de materiales de la construcción.

Materiales y métodos

Para la confección de este trabajo se aplicaron los métodos que se relacionan a continuación:

- Método histórico-lógico para la actualización del estado del conocimiento en relación con la temática investigada.
- Método sistémico para la sistematización de las teorías y los conocimientos científico-técnicos encontrados en los trabajos precedentes consultados.
- Método inductivo-deductivo para el establecimiento de los criterios y la fundamentación científica del método a emplear en cada macizo rocoso.

Resultado y discusión

Trabajos precedentes relacionados con el arranque de rocas en las canteras de materiales de construcción en Cuba

Los materiales de construcción constituyen un importante renglón en el desarrollo de la economía de Cuba. En la actualidad la industria de materiales de construcción realiza un conjunto de inversiones con el objetivo de aumentar la producción de los materiales necesarios para mantener el ritmo de construcción con el país. Por esta razón se reconstruyen y se amplían canteras, areneras, fábricas de cementos, bloques, cabillas, cerámica y otros materiales complementarios. Esto ha propiciado que el proceso de excavación-carga en las canteras de materiales de construcción alcance un desarrollo considerable y cobre una importancia vital el aspecto relacionado con el arranque de las rocas. En relación con esta problemática, y conforme al acelerado auge que se está alcanzando a nivel mundial en este aspecto, en Cuba surge la necesidad de un perfeccionamiento en el proceso de elección del método de arranque de la roca, considerando las propiedades específicas en cada caso.

Diferentes investigadores recomiendan dar seguimiento a esta temática por la importancia que reviste y no limitarse a clasificar las rocas a partir de una simple metodología; sino a través de experimentos y ensayos de laboratorio (Barton, 1972; Deer, 1972). Sin embargo, resulta evidente la necesidad de profundizar en los aspectos relacionados con la temática objeto de estudio de la presente investigación; no solo por la importancia de la diferenciación, sino también para adecuar las investigaciones futuras, de forma tal que resuelva las dificultades que impiden establecer modelos analíticos del comportamiento de un determinado macizo con un mínimo de idealización.

La industria extractiva de materiales de construcción ha desarrollado algunas investigaciones relacionadas con el arranque de rocas, pero estas han estado encaminadas al campo de las voladuras, no así al arranque mecánico. En este sentido Corpas (2000) realiza un estudio geomecánico de los macizos rocosos mediante la aplicación de la proyección estereográfica, para la aplicación consecuente de estos métodos en los macizos rocosos agrietados, la cual puede servir de base para la elección del método de arranque, aunque este no fue su objetivo.

Peñate (2000) demuestra la importancia de la caracterización geomecánica del macizo del Escambray, para lo cual considera esencialmente los criterios geológicos, clasificando las rocas por su génesis, para la determinación de las propiedades físico-mecánicas, como únicos criterios para la caracterización geomecánica del macizo. Lo cual constituye, a juicio de la autora, una investigación ingeniero-geológica, no una caracterización geomecánica.

Entre las investigaciones más interesantes en esta temática se destaca la realizada por Savas (2001), en la que se realizaron estudios geomecánicos para perfeccionar los trabajos de voladura en la cantera El Cacao, en la provincia de Granma. Por su parte, Neves (2002) llevó a cabo el estudio geomecánico del macizo de la cantera Miguel Raposo, en la provincia de Guantánamo, que sirvió de base para perfeccionar el pasaporte de voladuras existente. Por otro lado, Joe (2007) propuso una metodología para el diseño de los patrones de voladura que considera las propiedades de las rocas, las características mecánico-estructurales del macizo, las propiedades de las sustancias explosivas y la acción de la explosión de estas sobre el macizo, que permite reducir la salida de pedazos grandes, pero no considera la acción de las cargas compactas en la cercanía inmediata de estas y la salida de fracciones finas.

Existe diversidad en cuanto a las publicaciones relacionadas con el arranque de rocas. En los trabajos precedentes consultados se estudian diferentes aspectos del proceso, del análisis y de la sistematización, encaminados a la solución de los problemas asociados a la voladura y no a establecer criterios para la selección del método de arranque. De aquí se derivan las siguientes consideraciones:

- Los métodos de arranque de la roca empleados (voladura y arranque mecánico) se seleccionan fundamentalmente basándose en los conocimientos empíricos de los expertos en el tema y de acuerdo con las recomendaciones realizadas por las entidades que se dedican a la explotación de las canteras.
- En ocasiones existe un divorcio entre el método de arranque de la roca empleado y las características geomecánicas del macizo rocoso, lo anterior conduce, en algunos casos, a la irracional explotación de las canteras, por cuanto solo se tienen en cuenta las diferentes condiciones coyunturales sin la fundamentación técnica del método a emplear.

Caracterización geomecánica de los macizos rocosos de las canteras situadas en la región oriental de Cuba

La caracterización geomecánica de los macizos rocosos, en los últimos años se ha incrementado notablemente. En la actualidad los trabajos de arranque se hacen teniendo en cuenta el estudio de las características antes mencionadas. Se han realizado estudios considerando el análisis de las condiciones geomecánicas e ingeniero-geológicas, en los macizos rocosos, en las zonas donde se construye el trasvase Este-Oeste (obra ingenieril de extraordinaria relevancia en la provincia de Holguín). Para la evaluación de la estabilidad del macizo fue empleada la metodología de Bieniawski (1979), modificada por Torres (1989); además, se utilizaron las metodologías de Barton y Deer, así como otros métodos novedosos para el estudio del macizo, tal es el caso del procesamiento de imágenes por teledetección y métodos geofísicos (Hidalgo, 1991).

Alfaro (2000) realiza un análisis de los trabajos de campo utilizados en la evaluación de los macizos rocosos, con el empleo de métodos no tradicionales. En el que se hace un análisis del agrietamiento de varios túneles de la provincia de Granma y de Santiago de Cuba. También fueron determinadas las propiedades físico-mecánicas de las rocas, el análisis cinemático de los bloques y la medición de las deformaciones en el interior de las excavaciones.

En Cuba existen una serie de trabajos relacionados con la clasificación geomecánica de los macizos rocosos, investigaciones que tienen en cuenta, como aspecto más importante, las condiciones ingeniero-geológicas y, a partir de estas, proponen realizar la evaluación de la estabilidad y la propuesta del sostenimiento. Se han utilizado varios trabajos en canteras con diferentes métodos de arranque como son barrenación y voladuras, con martillo rompedor y arranque mecánico con excavadoras de pala directa, retroexcavadoras, dragalina y bulldozer, este último para materiales friables (arcilla cerámica roja, margas, serpentinas blandas, bentonitas, arenas, arena de río y margas). Pero el más utilizado es el arranque con explosivos.

Criterios que permiten seleccionar un método racional de arranque de la roca

El establecimiento de los criterios para la selección de la tecnología de arranque de las rocas es un proceso extremadamente importante para la efectividad de la explotación

de las canteras, ya que este asegura, como eslabón primario, la materia prima que será entregada a los eslabones conexos. Por lo que estos criterios deben considerar de forma integral los aspectos técnicos, económicos, organizativos, ergonómicos, de salud y seguridad industrial, así como los inherentes a la protección del medio ambiente y la sustentabilidad de la explotación.

Para seleccionar un método racional de arranque de la roca se debe tener en cuenta las características geomecánicas del macizo, las que incluyen las propiedades másicas, de resistencia y las características macro y micro estructurales, que juegan un papel determinante en el mecanismo de ruptura del macizo, ya sea por los esfuerzos creados en él por la energía mecánica, la energía hidráulica o por la energía de las explosiones, que resulta la más difundida, aunque en la actualidad la necesidad del empleo de tecnologías limpias ha provocado que en el mundo se introduzca, con gran aceptación, el uso de la energía mecánica. Los métodos de arranque mecánico a investigar son:

- Extracción mediante martillos hidráulicos
- Extracción mediante excavadoras de varias cucharas
- Cubos de excavadoras con trituradora.

Actualmente, de acuerdo con la experiencia mundial, el método de arranque mecánico ha permitido la explotación de canteras de diferentes materias primas en las áreas urbanas o cercanas a los puntos poblacionales donde está prohibida la voladura.

La utilización de estos medios de arranque en los yacimientos donde hay restricciones económicas y ambientales permite realizar la explotación, gracias a los siguientes resultados:

- Se obtiene la granulometría deseada directamente en la extracción (proceso de arranque-carga).
- Se pueden explotar yacimientos con estructuras complejas, al permitir la extracción selectiva de los diferentes cuerpos minerales que la componen.
- Se reduce sensiblemente la generación de polvo, ruido, onda sísmica, comunes en los trabajos de voladura, con lo que se garantiza el mínimo impacto al medio ambiente.

Valoración del impacto socio-ambiental asociado a la selección del método de arranque de la roca en las canteras de materiales de la construcción

Impacto social

A pesar de constituir una importante fuente de trabajo y recursos económicos también se tiene cierto impacto negativo en el entorno humano cuyas principales consecuencias son:

- La necesidad de reubicar a los habitantes de la zona a ser explotada, pudiendo también incluir algunas vías de transporte.
- Pueden ocurrir conflictos relacionados con el uso del suelo, cuando existen áreas agrícolas y forestales en el terreno a ser explotado o cuando se encuentran zonas arqueológicas o de recreo que serían destruidas o afectadas por la explotación minera.

Impacto ambiental

-En la fase de desarrollo y puesta en marcha:

- Alteración de los usos del suelo y de la vegetación presente en el entorno, para llevar a cabo la preparación del terreno y la construcción de los accesos e instalaciones de la explotación.
- Destrucción de la cubierta vegetal y de la superficie fértil del suelo, lo que implica la eliminación de grandes superficies arboladas o arbustivas.

-En la fase de explotación:

- El principal problema que suponen las canteras sobre el medio circundante es el elevado impacto visual y modificación paisajística que presentan las mismas respecto al medio.
- Modificación del régimen de aguas superficiales, mediante la captación y canalización de corrientes de agua.
- Los cauces de los ríos son desviados alrededor de la mina, mientras que el agua superficial acumulada, proveniente de precipitaciones o del drenaje de taludes pueden aumentar la carga de sedimentos y modificar la composición química del agua, pudiendo deteriorar la calidad del agua en el cauce receptor.

- El polvo producido por las explosiones y corte de la piedra, que tanto en suspensión como a través de las redes fluviales subterráneas es distribuido a puntos distantes del lugar, afectando a la vegetación o contribuyendo a la erosión.
- La erosión producida por los sólidos en suspensión tiene, además, graves efectos en la agricultura, debido a que esas partículas arrastradas por el agua liman las superficies de cultivo y la esterilizan.
- Las labores de explotación son, además, una fuente de contaminación acústica, debido a las máquinas y equipos necesarios para arrancar, cargar y transportar.
- Las voladuras son fuentes adicionales de contaminación acústica y las vibraciones producidas por estas contaminan el medio ambiente de forma dinámica, constituyendo una molestia para las poblaciones vecinas y pudiendo causar daños a construcciones situadas a una distancia determinada.
- Los ecosistemas terrestres, como por ejemplo los que dependen de aguas subterráneas, también se ven afectados por la explotación minera. Después de abandonar la mina, el terreno sufre una modificación irreversible, a pesar de las medidas de recultivo. Esto se debe, fundamentalmente, a los cambios físicos y químicos del suelo, de los recursos hídricos y a otros factores que conducen al establecimiento de comunidades vegetales y animales distintas a las originales.

Conclusiones

En las literaturas científicas consultadas están poco argumentados los criterios para la selección del método de arranque de las rocas en las canteras.

Para la selección del método de arranque de la roca se deben considerar las características geomecánicas del macizo rocoso, basado en el análisis integral de criterios técnicos, económicos, organizativos, ergonómicos, de salud y seguridad industrial, así como los inherentes a la protección del medio ambiente y la sustentabilidad de la explotación.

De acuerdo con las características de las canteras estudiadas se propone que se utilicen para el arranque de las rocas los siguientes métodos mecánicos: la extracción mediante martillos hidráulicos, la extracción mediante excavadoras de varias cucharas, y cubos de excavadoras con trituradora.

La minería a cielo abierto en las canteras genera impactos negativos cuyas principales consecuencias son: la necesidad de reubicar a los habitantes de las zonas mineras, el deterioro de los viales y los conflictos relacionados con el uso del suelo, cuando existen áreas de interés social y cultural para las comunidades.

Referencias bibliográficas

- ALFARO, S. 2000: Aplicación de nuevas técnicas en el estudio ingeniero geológico de los macizos rocosos. En: Primer Simposio Internacional La Geodesia y la Geomecánica aplicada a la Construcción. Memorias. Ciudad de La Habana, Cuba, 19-28.
- BARTON, N. 1972: A model study or rock Joint deformation. *International Journal of rock Mechanic Geomechanics Abstracts* 9(5): 1-13.
- BIENIAWSKI, Z. T. 1979: *Geomechanics classification of rock masses and its application to tunnelling. Proc. II. Tnt.* En: Congress for Rock Mechanic. ISMR.
- CORPAS, T. 2000: Estudio geomecánico de los macizos rocosos mediante la aplicación de la proyección estereográfica. En: Primer Simposio Internacional La Geodesia y la Geomecánica aplicadas a la Construcción. Memorias. Ciudad de La Habana, Cuba, 83-94.
- DEER, W.; HOWIE, R. & ZUSSMAN, J. 1972: Chain silicates. In: Longmann Scientific y Technical (Ed.) *Rock-forming minerals*. 2nd edition. England, 170-176.
- FEDESARROLLO. 2006: El sector de materiales de construcción en Bogotá-Cundinamarca.
- HIDALGO, H. 1991: Informe ingeniero geológico, trasvase Este-oeste (Melones-sabanilla): Túnel en medio-Guayabo. INRH-Holguín.
- JOE, B. 2007: *Influencia de la construcción de las cargas de sustancias explosivas en los parámetros de las voladuras en canteras de áridos*. Tesis doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 102 h.
- NEVES, D. 1979: *Caracterización geomecánica del macizo en el yacimiento La Inagua*. Tesis de maestría. Instituto Superior Minero Metalúrgico, 82 h.