

Diagnóstico topográfico de la cantera Producciones Mineras Palmarito del Cauto

Topographic diagnosis of Producciones Mineras Palmarito del Cauto quarry

Reinier Fajardo Trujillo fajardoreinier4@gmail.com ⁽¹⁾

Luis Alberto Ramírez Meléndez lrnelendez@ismm.edu.cu ⁽²⁾

Walkis Herrera Blanco wherrera@ismm.edu.cu ⁽²⁾

Alberto Raidel Vásquez González agvazquez950303@gmail.com ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Empresa Producciones Mineras Palmarito de Cauto, Mella, Cuba ⁽²⁾ Universidad de Moa, Moa, Cuba

Resumen: Se realizó un diagnóstico topográfico en la cantera Producciones Mineras Palmarito de Cauto para perfeccionar el control y la ejecución de los trabajos mineros que se realizan, debido a la importancia que tiene la topografía para el control y contabilización de los recursos en las canteras. Para ello se utilizó el *software* informático Auto CAD civil 3D y se recopilaron los documentos y normas vigentes de la Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM). De los parámetros evaluados se obtuvieron resultados positivos y negativos. Al detectar los problemas existentes se propusieron medidas para minimizar las dificultades detectadas.

Palabra claves: material de la construcción, topografía minera, zeolitas

Abstract: In this research, a topographic diagnosis of Palmarito de Cauto quarries was carried out for improving control and execution of the mining works, due to the importance of topography for controlling and accounting the resources in quarries. For this purpose, the Auto CAD civil 3D software was used and the documents and norms in force of the National Office of Mineral Resources were compiled. Positive and negative results were obtained from the evaluated parameters. Measures to minimize the detected difficulties when existing problems were also proposed.

Key words: construction material, mining topography, zeolites

Introducción

El conocimiento preciso de la topografía del terreno es fundamental para asegurar la eficiencia y seguridad de las operaciones (Castro Moreira & Vélez-Glices, 2017; Ospina, 2021; González *et al.*, 2022; Jaramillo, 2023; Ramallo, 2023). El diagnóstico topográfico permite identificar áreas de riesgo, determinar los volúmenes de material disponible, planificar la extracción de manera óptima y minimizar los impactos ambientales.

La cantera Palamarito de Cauto ubicada en el municipio Mella, es de gran importancia para el desarrollo socio-económico de la provincia Santiago de Cuba debido al volumen de materia prima que extrae, lo que la convierte en un objeto social de producción y comercialización de áridos. Posee una planta de preparación mecánica que posibilita la obtención de los materiales de construcción como grava, granito, arena y polvo de piedra, además se obtienen productos industriales como talcos de diferentes tipos.

Las zeolitas de la cantera Palmarito de Cauto tienen múltiples beneficios por lo que han sido estudiadas por diversos autores (Céspedes-Ortiz *et al.*, 2011; Céspedes-Ortiz, Rodríguez-Iznaga & Petranovskii, 2011; Rodríguez *et al.*, 2014; Córdova-Rodríguez *et al.*, 2020; Bohorquez-Escobar *et al.*, 2020; Zvereva *et al.*, 2022; Franco *et al.*, 2024) para determinar sus propiedades para variados usos.

Sin embargo, en la cantera no se realiza una actualización periódica de la topografía y ha presentado problemas en su gestión, derivados de los trabajos topográficos y cartográficos. Debido a esto se presentan limitaciones que han afectado el control y ejecución de los trabajos mineros. Es por ello que el objetivo de este trabajo es realizar un diagnóstico topográfico en la cantera Producciones Mineras Palmarito de Cauto que permita perfeccionar la ejecución y control de los trabajos mineros.

La información obtenida permitirá optimizar la planificación de la extracción de material, identificar zonas de riesgo que deben ser abordadas y establecer medidas de control adecuadas. Esto no solo contribuirá a la rentabilidad del proyecto, sino también garantizará la seguridad de los trabajadores y la protección del medio ambiente circundante.

Materiales y métodos

Caracterización desde el punto de vista geográfico

El área de estudio se ubica a 10 km al noreste del municipio Mella, en la provincia Santiago de Cuba, y a 2 km al sur oeste del Poblado de Palmarito de Cauto. Ocupa una superficie aproximada de 1.7 hectáreas, dentro del área concesionada (12 h). Se localiza en la hoja cartográfica 5076-IV a escala: 1: 50 000 de Santiago de Cuba.

Características geológicas del área de estudio

Litológicamente esta formación está constituida por calizas microcristalinas, compactadas, duras sin material terrígeno, muy puras, de color pardo rojizo y margas calcáreas color blanco amarillento.

El yacimiento desde el punto de vista tectónico no presenta complicaciones relevantes, En la superficie se observa que el agrietamiento principal es generalmente en dirección Norte. Existe además agrietamiento paralelo, cubierto con material arcilloso-ferroso, que en ocasiones incrementan su tamaño y terminan en cavernas.

La complejidad del yacimiento estriba en la variabilidad de su potencia, que es de forma algo moderada, con los mayores espesores hacia el S y SE, los menores espesores hacia el NW. Otros aspectos importantes a tener en cuenta son la potencia del mineral útil que pudiera variar debido al carso interior en forma de caverna y el desarrollo del carso superficial, el cual limita la explotación de las reservas minerales desde la superficie.

Para la representación de la cantera se utilizó el *Software* informático Auto CAD civil 3D (Belete-Fuentes, Maceo & Batisa, 2021; Stefanus, Rifai & Nasrun, 2022). Esta aplicación combina una gama completa de herramientas de tratamiento de datos espaciales con acceso a una variedad sin precedentes de formatos de datos. Permite realizar una amplia gama de tareas relacionadas con la ingeniería civil, la topografía y el dibujo. Los objetos son dinámicos y están basados en estilos, lo que simplifica la creación de objetos.

El trabajo se realizó siguiendo las normas vigentes de la Oficina Nacional de Recursos Minerales, de la Oficina Nacional de Normalización y de la Oficina Nacional de Hidrografía y Geodesia.

- Norma NR-FA-01-01 (2001) que establece los principios generales para el almacenamiento, transportación, cuidado y verificación de los instrumentos de medición de hidrografía y geodesia.
- Decreto Ley 183 (1998) para la calibración de los instrumentos de medición utilizados, de acuerdo a las necesidades específicas de los procesos o servicios en que se utilicen.
- Norma ISO 10012 (2003) para los requisitos y gestión de los controles de los procesos de medición.
- NC 13-15 (1987) para el establecimiento, el diseño y las dimensiones de los monumentos que se emplean en las redes geodésicas estatales y trabajos especiales que así lo requieran.

Inspección a la Empresa de Materiales de la Construcción de Palmarito de Cauto

Se examinaron cada uno de los puntos de la cantera para reconocer el estado técnico de la cantera, de los monumentos topográficos, los instrumentos de medición y la información cartográfica, así como el cumplimiento de las normas establecidas. Después de realizar el reconocimiento de los problemas existentes en la cantera se proponen acciones para mitigarlos.

Punto de inspección No. 1

-Evaluación del almacenamiento, transportación, cuidado y verificación de los equipos e instrumentos

La empresa de materiales de la construcción de Palmarito del Cauto no cuenta en su estructura con un gabinete topográfico para realizar estos trabajos, es necesario contratar empresas acreditadas y con equipamiento para la ejecución de los mismos.

El almacenamiento de los instrumentos de medición se realiza en un cuarto óptico de la empresa Geominera Oriente de la provincia Santiago de Cuba el cual cuenta con todos los requisitos exigidos por las normas. Los trípodes se encuentran en buen estado y bajo las normas establecidas.

Los instrumentos de medición con los que cuentan la empresa Geominera Oriente disponen del certificado de verificación y calibración emitido por el laboratorio meteorológico No. 57 de Geocuba.

En la cantera no se cumple con la cantidad necesaria de fuerza de trabajo que exigen las normas, la ausencia de instrumentos en la empresa, la ausencia de material capacitado para este trabajo y la inexistencia de un gabinete topográfico son los principales elementos negativos.

Se propone valorar el almacenamiento, transportación, cuidado y verificación de los equipos e instrumentos.

Punto de inspección No. 2

-Comprobación del estado de los monumentos topográficos existentes en la cantera

La construcción de los monumentos no estuvo en correspondencia con la norma cubana 13-15 (1987) que establece de acuerdo a la naturaleza del trabajo y a las condiciones del terreno el tipo de monumento a emplear.

Se propone restablecer la base geodésica con nuevos monumentos. Esto trae consigo un proyecto de densificación para la determinación de los valores de coordenadas, los cuales deben de estar ajustados y referidos al Sistema Geodésico Nacional.

Punto de inspección No. 3

-Comprobación de la cantidad de monumentos y su ajuste a las normas para la extensión territorial

El área de estudio tiene una superficie de 8.1 h con 5 monumentos existentes por lo que cumple con los requisitos requeridos para esta extensión territorial.

Punto de inspección No. 4

-Evaluación de la frecuencia con la que se realiza la actualización cartográfica en la cantera

La actualización cartográfica se realiza cada seis meses, la cual es ejecutada por la empresa de proyectos de la provincia que tiene en su estructura gabinete topográfico. Se pudo comprobar la precisión de los mismos con respecto a sus coordenadas teniendo en cuenta cada detalle existente en la concepción minera del yacimiento. Se recomienda contratar a la misma empresa que ha efectuado el levantamiento de los planos precedentes.

Punto de inspección No. 5

-Contabilización del material beneficiado

El cálculo de volumen se realiza mensualmente y semestralmente se calcula el árido almacenado en patios de acopio, el resto del material que se retira diario de la cantera se contabiliza por camiones. La empresa para la contabilización mensual usa equipos propios y para la determinación semestral contrata a terceros. La empresa contratada lo hace a partir de la comparación de superficies o modelos digitales del terreno, obtenidos a partir de levantamientos directos con estaciones totales.

En el procedimiento de la cantera se tienen reflejados todos los volúmenes extraídos al cierre de cada mes, factor que incide favorablemente en la contabilización del producto final.

Punto de inspección No. 6

-Revisión de los trabajos topográficos en la cantera según las normas.

En las canteras de materiales de la construcción existen una serie de requisitos que hay que cumplir por topografía en cada ciclo de trabajo para ello se recopiló en la (Tabla 1) una muestra para reconocer cuales se cumplen.

Tabla 1. Operaciones realizadas en la cantera Palmarito de Cauto

Operaciones topográficas	Cumplidas	Incumplidas
Replanteo de los frentes después de cada ciclo de trabajo		X
Replanteo de los caminos		X
Cálculo de volúmenes en las voladuras		X
Actualización cartográfica cada 6 meses	X	
Cálculo de volúmenes del material beneficiado	X	
Actualización de la trinchera luego de cada ciclo		X

Para mitigar muchos de los problemas con la actualización cartográfica se propone un Sistema de Información Geográfica (SIG), en el cual se recojan todos los planos desde años anteriores hasta el año 2023 y se puedan actualizar los frentes de trabajo y la trinchera en cada ciclo.

Para el replanteo de los frentes de trabajo de cada ciclo se propone la contratación de una empresa que cuente con el equipamiento necesario para este tipo de acciones. Se deben tomar puntos tanto en el borde como en el pie del talud, agregando los resultados que arrojen al SIG, quedando actualizados los frentes de trabajo de la cantera.

En cuanto al replanteo de los caminos mineros se propone su actualización por topografía una vez al año para conocer el avance de los mismos. Para el cálculo de volúmenes de voladuras se sugiere que se tenga en cuenta el coeficiente de esponjamiento del mineral para lograr mayor exactitud en el volumen arrancado por el explosivo.

Punto de inspección No. 7

-Revisión del estado técnico de la cantera según los modelos de inspección de la Oficina Nacional de Recursos Minerales

Por los modelos de inspección de la Oficina Nacional de Recursos Minerales para la extracción de áridos, las actualizaciones topográficas para el control de las reservas las realizan a finales de cada año, pero para el control del avance de la trinchera la deben realizar periódicamente cada vez que realizan una voladura. En la cantera Palmarito de Cauto no se realiza el control, debido a la falta de personal capacitado para el trabajo además de la ausencia de los equipos autorizados para la actualización de la trinchera.

En el estado técnico de la cantera se reflejan puntos que corresponden a la topografía de la misma los cuales se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Estado técnico de la cantera Palmarito de Cauto

Parámetro	Evaluación
Altura de los bancos	La altura de los bancos varía desde 10-13-15 m estando dentro de las normas permisibles según proyecto los bancos son de 15 m, teniendo un alto grado de fragmentación debido a la acción de las voladuras
Ángulo de inclinación de los taludes	El ángulo de inclinación de los taludes según proyecto es de 80° según mediciones realizadas con brújula geológica este parámetro varía entre 70° y 80° y hasta 85° estando en la norma permisible
Bermas	Las bermas según el proyecto de explotación deben tener un ancho de 4 m no siendo esto cierto pues varían entre 1y 3 m su ancho siendo muy estrecho

Estos parámetros técnicos deben de tenerse en cuenta, bajo las normas establecidas en el proyecto de explotación, de ellos depende el buen estado y funcionamiento de la cantera en cada ciclo de trabajo.

Punto de inspección No. 8

-Revisión de la información cartográfica correspondiente a la cantera

La cantera cuenta con varias actualizaciones cartográficas.

Aunque las actualizaciones cartográficas se almacenan bajo condiciones favorables, se recomienda su digitalización para su conservación y constatación del progreso minero en la cantera. La elaboración del Sistema de Información Geográfica (SIG) con la complicación de los trabajos cartográficos y topográficos constituye una herramienta fundamental para la gestión de los trabajos mineros en la cantera.

Los resultados de este trabajo contribuyen a la implementación en la cantera de las normativas dictadas por el país desde el punto de vista topográfico por la Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM) y la Oficina Nacional de Hidrografía y Geodesia (ONHG).

Conclusiones

Se diseñó el diagnóstico topográfico de la cantera Palmarito de Cauto, de Santiago de Cuba, identificando fortalezas, y debilidades.

Se elaboraron 8 medidas correctoras con el fin de perfeccionar la ejecución y control de los trabajos mineros.

Referencias bibliográficas

- Belete-Fuentes, O., Maceo A., & Batista, Y. (2021). Determinación de la red óptima de levantamiento topográfico con estación total para el cálculo de volumen. *Revista de Topografía AZIMUT*, 12(1), 8-17.
<https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/azimut/article/view/13091>
- Bohorquez-Escobarm C.B., Guillén Gordín, R.J. & Imbert-González J. (2020). Determinación de la adsorción y desorción de pares zeolita-metanol en un ciclo de

enfriamiento. *Ingeniería Mecánica*, 23(3). <http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59442020000300005&script=sc>

Castro Moreira, J.C. & Vélez-Glices, M.A. (2017). La importancia de la topografía en las ingenierías y arquitectura. *Polo del conocimiento*, 2(7), 1071-1081. <http://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/331>

Céspedes-Ortiz, M.C., Rodríguez-Iznaga, I., Petranovskii, V., Rizo-Beyra, R. & Aguilera-Domínguez, L. (2011). Zeolitas naturales de diferentes yacimientos cubanos: composición y estabilidad química y térmica. *Revista Cubana de Química*, XXIII(1), 80-88. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543722011>

Céspedes-Ortiz, M.C., Rodríguez-Iznaga, I. & Petranovskii, V. (2011). Sistemas catiónicos binarios de cobre-cinc en mordemita y clinoptilolita. *Revista Cubana de Química*, XXIII(3), 52-60. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543724007>

Córdova-Rodríguez, V., Rodríguez-Iznaga, I., Garcell-Puyàns, L., Petranovskii, V. & Rodríguez-Heredia, D. (2020). Estudio comprensivo sobre la remoción de iones cromatos a diferente basicidad con zeolita tipo mordenita natural. *Revista Cubana de Química*, 32(2), 494-510.

Decreto Ley 183. (1998). *De la Metrología*. Ciudad de la Habana. <http://www.inimet.cubaindustria.cu/L183.pdf>

Franco, A.M., García, E.R., Medina, R.L. & Ramírez, A.C. (2024). Properties and applications of natural zeolites. *Brazilian Journal of Development*, 10(1), 1713-1799. <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/66577>

González, L. E., Pardo, F. R., Céspedes, E.R., Murrell, A. C., Pérez, Y.R. & Santacruz, S.N. (2022). Polígono patrón para el desarrollo de la topografía en la gestión de proyectos. Caso de estudio Universidad de Holguín. *Dominio de las Ciencias*, 8(3), 666-681. <http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2833>

Jaramillo, R. N. (2023). Memorias del Primer Congreso Internacional de Topografía y Geodesia 2023. *Conectividad*, 4(2), 115-125. <http://revista.ister.edu.ec/ojs/index.php/ISTER/article/view/104>

Norma Ramal NR FA 01-01. (2001). *Hidrografía y Geodesia. Instrumentos de Medición*.
<https://es.scribd.com/document/503899118/Norma-Ramal-1-2001onhg>

Oficina Nacional de Normalización. (1987). *NC 13-15. Geodesia y cartografía. Monumentos geodésicos. Diseños y dimensiones*. Ciudad de La Habana.
<http://www.otn.vcl.cu/wp-content/uploads/2019/01/Normas-vigentes-dic-2018.pdf>

Organización Internacional de Normalización. ISO 10012. (2003). *Sistemas de gestión de las mediciones. Requisitos para los procesos de medición y los equipos de medición*. <https://www.iso.org/standard/26033.html>

Ospina, E.J. (2021). Levantamientos topográficos mediante el uso de drones. *Ingeniería: Ciencia, tecnología e innovación*, 8(2), 100-113.
<https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1912>

Ramallo, E. D. & Ostapoff, A. J. (2023). La obtención de información topográfica de un terreno en base a datos de libre acceso y software de código abierto. *Tecyt*, (9), 16-22. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/tecyt/article/view/42488>

Rodríguez, V. C., Chávez, R. A., Ferro, D. T. & Heredia, H. R. (2014). Impactos del empleo de la zeolita natural de Palmarito de Cauto para descontaminar residuales de fibrocemento. *Revista Científica Interdisciplinaria Investigación y Saberes*, 3(3), 32-38.
http://revistasdigitales.utelvt.edu.ec/revista/index.php/investigacion_y_saberes/article/view/73

Stefanus, S., Rifai, A.I. y Nasrun, N. (2022). Implementación de Autocad® Civil 3D para el diseño de alineación horizontal de las carreteras Indramayu-Jatibarang. *Ciudadano: Journal Ilmiah Multidisiplin Indonesia*, 2, 739-747. <https://www.journal.das-institute.com/index.php/citizen-journal/article/view/187>

Zvereva, I. A., Shelyapina, M.G., Chislov, M., Novakowski, V., Malygina, E., Rodríguez Iznaga, I. & Petranovskii, V. (2022). A comparative analysis of natural zeolites from various Cuban and Mexican deposits: Structure composition, thermal properties and hierarchical porosity. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 147, 1-13.
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10973-021-10947-4>