



## Caracterización minero–ambiental de las canteras en la industria de materiales de la construcción de Santiago de Cuba\*

Arleis Pérez Salazar

Especialidad: Ingeniería en Minas

Instituto Superior Minero Metalúrgico (Cuba).

**Resumen:** Se analizó la estructura productiva de la industria de materiales de la construcción de la provincia de Santiago de Cuba y las características geológicas y minero-ambientales, teniendo en cuenta aspectos como: ubicación geográfica, clima, relieve, hidrografía, constitución geológica de los yacimientos y sistema de explotación.

**Palabras clave:** cantera; materiales de la construcción; impacto ambiental.

---

\* Trabajo tutorado por el M. Sc. Alexis Montes de Oca, la Dra. Mayda Ulloa y la Ing. Hira Pinto.  
Recibido: 28 enero 2015 / Aceptado: 4 febrero 2016.

## **Environmental characterization of the existing quarries in the materials of construction industry in Santiago de Cuba**

**Abstract:** The production structure of the Materials of Construction Industry in Santiago de Cuba and the geological and mining-environmental characteristics were analyzed based on aspects such as geographical location weather relief hydrography ore body geological constitution and exploitation system.

**Key words:** quarry; materials of construction; environmental impact.

## Introducción

La explotación de canteras a cielo abierto comprende una parte importante de la minería a nivel mundial; su objetivo principal es el suministro de materiales para la construcción, ya sean áridos o rocas ornamentales. Este tipo de minería se caracteriza por generar serias alteraciones medioambientales, debido a que la mayoría de las empresas no prestan la debida atención a dicha actividad. La intensidad de las mismas depende de varios factores, entre los que se reconocen la situación y morfología del yacimiento, así como las características del entorno. Estas influencias van transformando el paisaje y provocan el empeoramiento cualitativo o cuantitativo de los recursos y el origen o desarrollo de procesos dañinos o degradantes.

La provincia de Santiago de Cuba no ha estado ajena a este desarrollo minero en la industria de materiales de la construcción, que va aparejado con la aparición de nuevos impactos ambientales y la intensificación de los ya existentes, elementos estos que requieren de una caracterización minero-ambiental para minimizar los impactos al medio ambiente.

El trabajo se propone caracterizar, desde el punto de vista minero-ambiental, las canteras de la industria de materiales de la construcción de la provincia de Santiago de Cuba para, en un estudio posterior, identificar los impactos ambientales que produce cada cantera y proponer medidas para minimizarlos.

Se han desarrollado numerosas investigaciones que abordan caracterizaciones de la industria de materiales de la construcción de las provincias orientales (Montes de Oca, 2012; Hernández, Ulloa & Rosario, 2011; Handjaba, 2012 y Guindo, 2014). Montes de Oca y Ulloa (2013) analizaron la recuperación de áreas minadas de canteras de materiales de la construcción en Santiago de Cuba, para ello estudiaron diez yacimientos activos destinados a la producción de materiales para la construcción en dicha provincia. En la metodología se aplicaron métodos que permitieron el análisis de los factores que influyen en la elección de los usos de recuperación en áreas minadas. Como resultado se propone un procedimiento que consta de cinco etapas principales y cuatro grupos de prácticas.

La Empresa de Materiales de Construcción (EMC) de la provincia de Santiago de Cuba es la encargada de producir materiales de la construcción para satisfacer las

necesidades del mercado nacional, con una elevada calidad, eficiencia y agilidad, sustentado en recursos humanos experimentados y altamente calificados con la administración más efectiva de los recursos y la innovación tecnológica en plena armonía con el medio ambiente. Este estudio, referido exclusivamente a la industria extractiva de materiales de la construcción, es tratado únicamente en la rama cantera. Posee 12 yacimientos que se explotan con la finalidad de obtener materia prima para la construcción (Tabla 1).

Tabla 1. Concesiones mineras de la EMC-Santiago de Cuba

<b>Yacimientos</b>	<b>Municipios</b>	<b>Minerales</b>
Los Guaos	Santiago de Cuba	Porfirita
Yarayabo	Palma Soriano	Caliza
Mucaral	La Maya	Caliza
Siguatos II	Guantánamo	Yeso
Juraguá	Santiago de Cuba	Arena
La Gloria	Contramaestre	Caliza
Los Dorados II	Palma Soriano	Arena y Grava
Siboney	Santiago de Cuba	Caliza
Dos Palma	Palma Soriano	Arcilla
Maceira Vaquería	El Cristo	Arcilla
El Oasis	Santiago de Cuba	Arena
Caliza Siboney	Santiago de Cuba	Caliza

De las 12 concesiones mineras se hace referencia solamente a nueve de ellas que son las que están en explotación: Maceira Vaquería está en proceso de devolución, Caliza Siboney no tiene camino de acceso y El Oasis está esperando el inicio de su explotación, por esta razón dichas concesiones no serán mencionadas en la caracterización que se realizará a continuación.

### **Yacimiento Los Guaos (Porfirita)**

El yacimiento se encuentra ubicado en la provincia de Santiago de Cuba. El área se encuentra en explotación desde enero de 1978, cuyas plantas constituyen las principales abastecedoras de áridos en la provincia de Santiago de Cuba. Las coordenadas Lambert son: X=600 340–600 800; Y=155 400–156 800.

El relieve es semimontañoso. Su origen se relaciona con procesos tectónicos y erosivos. Al este del yacimiento se presentan las cotas más altas con valores de 231 m sobre el nivel del mar. Las cotas mínimas son de 50 m, apreciable al oeste, donde el relieve es más ondulado. Hacia el este las elevaciones presentan pendientes suaves hacia el norte y abrupta hacia el sur.

El clima es tropical y seco; la temperatura media más alta en el periodo es de 31 °C, en agosto, enero y febrero, mientras que la media más baja es de 26 °C. La humedad relativa está entre un 70 % y un 75 %. Los vientos predominantes durante el día son las brisas marinas de hasta 12 km/h. La precipitación media anual es de 800 mm a 1 000 mm de lluvia.

La red hidrográfica la forman los ríos Los Guaos, Gascón y algunos arroyos. Estos ríos, con una dirección norte-sur, son de carácter intermitente en época de estiaje. El río Gascón pasa al este del yacimiento, nace al norte del área en las inmediaciones de la sierra Puerto Pelado y desemboca en la bahía de Santiago, atravesando en su recorrido rocas de la formación El Cobre. El río Los Guaos nace al norte, atraviesa el yacimiento y desemboca en la bahía de Santiago.

Características geológicas del yacimiento: El área del yacimiento forma parte del flanco del anticlinorium Sierra Maestra, el cual se extiende 200 km con dirección sub-latitudinal, con cierta desviación hacia el suroeste. Afloran las rocas de la formación El Cobre, la que se encuentra dividida en: Miembro Caney, Miembro Hongolosongo y Miembro Yarayabo.

Miembro Caney: Su parte superior aflora al suroeste de la región. En él predominan las rocas piroclásticas de composición básica y media, de diferente granulometría, rocas con numerosas intercalaciones de poco espesor, lentes de calizas, masillas y brechosas.

Miembro Hongolosongo: Este miembro está formado por tres series:

- 1- La inferior, representada por fragmentos gruesos y medios, de composición media a ácida, tufitas y tobas.
- 2- La serie media, representada por conglomerados tobáceos, areniscas tobáceas y tufitas, etc.
- 3- La superior, en la que se encuentran las cabezas macizas y brechosas con fragmentos de rocas tobáceas. En este miembro se encuentra el cuerpo subvolcánico de porfiritas andasíticas–dacíticas, a la cual corresponde el yacimiento Los Guaos.

Miembro Yarayabo: Yace concordantemente sobre el miembro anterior, predominando en su parte inferior las lavas, brochas y tobas de composición media y ácida y areniscas tobáceas.

Las rocas de esta formación se encuentran afectadas por tectónicas disyuntivas, presentándose la yacencia de la roca muy alterada, siendo los buzamientos abruptos o invertidos en algunas partes. El área de estudio presenta gran desarrollo de las estructuras disyuntivas; sobre todo el agrietamiento en la parte superior del macizo, con buzamiento de  $70^\circ$  al suroeste, cuyo agrietamiento se ve afectado grandemente en las partes de explotación debido a la acción de los explosivos. Las estructuras aplicativas no están muy desarrolladas en el área; existen pequeños pliegues de carácter local, sobre todo en la parte encajante. El macizo de porfiritas es atravesado por falla transversal, la cual presenta una dirección aproximadamente NE-SO; esta falla puede observarse al oeste del río Los Guaos, donde aparecen los buzamientos invertidos. En la perforación se observa el agrietamiento, cuyo ángulo promedio con respecto al eje del testigo es entre  $60-70^\circ$ ; en muchos casos aparecen llenos de zeolita y con oxidación en los planos de fractura.

La morfología de los cuerpos minerales es algo compleja, ya que existe una irregular mineralización en las distintas direcciones. La yacencia de la roca se presenta muy alterada producto a que las rocas de esta formación se encuentran afectadas por la tectónica disyuntiva.

En Guaos II, el espesor de cubierta, en los casos que aparecen, corresponde mayormente a arcilla con fragmento de porfirita alterada, los valores de resistencia a compresión que presenta esta porfirita permite su tratamiento en las plantas. La porfirita fresca es procesada en las plantas con tecnologías chinas y suecas que antes eran llamadas las plantas alemanas y españolas para la obtención de piedra triturada y arena, utilizadas en la producción de hormigón de alta resistencia, hormigones para carreteras, elementos pre-fabricados, baldosas, tanques y mosaicos.

El sistema de laboreo que se aplica en la cantera es de la siguiente forma: el arranque del material es con perforación y voladura; la carga del material se realiza con dos retroexcavadoras XCMG-XE-700, con capacidad de carga en la cuchara de  $3,5 \text{ m}^3$ . El transporte hasta la planta será realizado por los camiones de volteo CFC (Camiones fuera de Camino), Howo (volvo de  $25 \text{ m}^3$  de capacidad); el buldócer Shantuy SD - 32 se encargará del acarreo y reapije del material cuando sea necesario, así como de la separación de los pedazos de rocas sobredimensionadas, para luego ser sometidas a la fragmentación secundaria con un martillo rompedor contratado a la empresa de

EXPLOMAT, perteneciente a Santiago de Cuba. Las alturas de los nuevos frentes de trabajo serán de 10 m y 15 m, respectivamente, con un ángulo del talud de 70°.

Teniendo en cuenta que la zona correspondiente a la cantera Los Guaos pertenece a un yacimiento montañoso se utiliza el drenaje por gravedad, desde el horizonte +60 hasta la cota +24 (fondo de la cantera). En este nivel, que está por debajo del manto freático, se ha realizado una caída que permite evacuar el agua hacia la zona de cotas inferiores, fuera de los límites de la cantera, donde se encuentra el río Los Guaos. El piso de cada horizonte se construye con una inclinación del 2 %, permitiendo su drenaje.

### **Yacimiento Yarayabo (Caliza)**

El yacimiento de calizas Yarayabo se encuentra ubicado en el municipio de Palma Soriano, a 6 km al sur de la ciudad. Las coordenadas dadas por el sistema Lambert del yacimiento son: X: 588 400-589 700; Y: 166 000-166 800 (Despaigne, 2015).

El relieve del área está constituido por colinas de gradientes suaves que alcanzan alturas entre 200 m y 300 m sobre el nivel del mar. Las mayores alturas se encuentran localizadas en la parte sur del yacimiento y las menores en la parte norte.

La temperatura media anual está entre 22 °C y 24 °C. Las precipitaciones medias anuales son de 600 mm.

Las rocas que conforman el yacimiento corresponden a la formación Puerto Boniato del complejo de cuencas superpuestas del arco volcánico Paleógeno, constituida por calizas fragmentarias órgano-detriticas y calizas pelitomórficas, abundantes en SiO<sub>3</sub> (pedernal) en forma de nódulos, que constituyen la materia prima fundamental del yacimiento. La edad de esta formación es del Eoceno Medio.

En el yacimiento existen elementos estructurales poco desarrollados y frecuentes, limitándose a representar un pliegue artificial postsedimentario en la zona 1. Este pliegue es un fenómeno local. El mayor desarrollo aparece en las estructuras aplicativas, comparándolo con los disyuntivos estos son postsedimentarios; presentan buzamiento vertical o subvertical, representados estos por grietas cuyo rumbo es caótico (en todas las direcciones), son de pequeña magnitud y se encuentran en ocasiones rellenas, fundamentalmente de un material de origen tobáceo. Los dos

sectores del yacimiento (zona I y zona II) están separados por una zona en la cual existe gran acumulación de materia arcillosa con fragmentos de roca y que constituye un límite natural entre dos zonas; esta, geomorfológicamente, es una cañada.

El caudal de agua subterránea en el yacimiento es bastante pobre, ya que durante los cubeteos se abatieron con facilidad los pozos; la recuperación fue lenta. El gasto mayor obtenido fue de 0,4 l/s por lo que se considera este dato como la afluencia subterránea al yacimiento. Por las características hidrogeológicas del yacimiento se concluye que este yacimiento es simple, desde este punto de vista, y se estima que no existan complicaciones para su explotación. Para facilitar el drenaje de la cantera se prevé en el proyecto la construcción de los pisos de la cantera con una inclinación en dirección contraria al frente de trabajo de  $>2\%$ , para lograr el desagüe por gravedad hacia las cotas inferiores, de esta forma las aguas no dificultarán la explotación.

Atendiendo a los resultados de los ensayos realizados a la materia prima, compuesta por calizas de las diferentes variedades, se define que la masa volumétrica seca oscila entre  $2,53-2,57\text{ g/cm}^3$ , con un valor promedio de  $2,54\text{ g/cm}^3$  y la masa volumétrica saturada oscila de  $2,59-2,61\text{ g/cm}^3$  y su valor promedio es de  $2,59\text{ g/cm}^3$ .

La absorción es de  $1,57-2,40\%$ , siendo la media de  $2,08\%$ . La roca presenta una gran estabilidad, pero es afectada por el porcentaje de intercalaciones blandas. La dureza de la roca, según la escala de perforabilidad, está ubicada entre 3 y 7. La explotación se realiza de este a oeste mediante escalones de 10-12 m.

El sistema de explotación que se utiliza es el arranque con perforación y voladura, el reapile se realiza mediante el uso del buldócer Chetra T-20, la carga se efectúa con el cargador frontal XCMG-LW-800K, con capacidad de carga de  $5\text{ m}^3$  y el transporte en camiones de volteo Kraz, con una capacidad de carga de  $8\text{ m}^3$ . En el yacimiento existen dos escombreras, las cuales están situadas fuera de los límites de las reservas geológicas y dentro del área concesionada, aprovechando también el relieve de la zona. La escombrera No. 1 está ubicada al SW, en esta se deposita el estéril que se extrae del área donde se realiza el destape. A medida que avanza el desarrollo hacia la parte norte es necesario ubicar otra escombrera, ya que la distancia de tiro se hace mayor, por lo que la escombrera No. 2 se encuentra al NW del yacimiento.

### **Yacimiento Mucaral (Caliza)**

El yacimiento se ubica a unos 1,5 km al SE del poblado de La Maya y a unos 30 km de la ciudad de Santiago de Cuba. La elevación donde se sitúa el yacimiento es conocida como Mucaral. Las coordenadas Lambert son: X=624 569–624 569; Y=166 925–167.

El relieve es del tipo llanura denudativa anulativa y direccional, con colinas residuales y alturas entre 100 m y 250 m. Hacia el sur comienzan las estribaciones de la cordillera de la Gran Piedra, con altura máxima de 1 214 m. La zona se presenta como una pequeña elevación alargada en dirección NS-SE y con cota máxima de 266 m.

El área se caracteriza por una temperatura anual de entre 20 °C y 22 °C. Los rangos de precipitación media anual van desde los 1 200 mm a los 1 400 mm. La evaporación media anual es de 1 300 mm a 1 500 mm y los vientos que predominan son los del este noreste de 2 km/h a 10 km/h durante el día.

La red hidrográfica es relativamente pobre, con drenaje hacia el NE, a través de los ríos Ponupo y Barrancas los cuales confluyen localmente y toman el nombre más al este del río Guantánamo. Las aguas subterráneas se relacionan con las aguas de estratos fisurales correspondientes a las rocas terrígenas y carbonatadas del Eoceno.

El yacimiento presenta una morfología típica para una estructura anticlinal en forma de elevación alargada, con eje mayor en dirección NW-SE y desnivel relativo inferior a 100 m (la cota máxima local es el punto Mucaral de cota 268 m). La elevación formada posee las pendientes en su flanco sur con valores entre 10 y 15 grados como regla, si bien en algunos puntos esta alcanza hasta los 25 grados. El anticlinal se encuentra relativamente dislocado en bloques, con fallas de tensión, la cual ha condicionado la mayor potencia de las calizas en su borde sur y la correspondiente elevación del bloque Centro-Norte del anticlinal, con la disminución de la potencia de las calizas en esta porción y el afloramiento de las rocas vulcanógenas–sedimentarias que forman las bases del yacimiento en gran parte de esta zona.

Se le distingue como una región hidrogeológica independiente, considerando las condiciones de formación, alimentación, acumulación y distribución de las aguas subterráneas que se presentan en la misma. Las aguas son del tipo de estrato fisurales y están relacionadas a las rocas terrígeno-carbonatadas del Eoceno.

Principales exigencias a las condiciones minero-técnicas:

En el yacimiento existen dos variedades de calizas consideradas materia prima. El tipo 1 está formado por caliza organógenas, microcristalinas con peso volumétrico promedio de  $2,68 \text{ g/cm}^3$ , con dureza que se ubica en el grupo 6, según la escala de perforabilidad. La absorción promedio es de 0,58 %.

La resistencia a la compresión está entre  $406,25 \text{ kg/cm}^2$  y  $1\ 066 \text{ kg/cm}^2$ .

El tipo 2 está formado por calizas fragmentarias detríticas con proporción tobácea. El peso volumétrico promedio es de  $2,62 \text{ g/cm}^3$ , la dureza promedio es 5 y la absorción media de 1,51 %.

Para la explotación del material útil se emplean los trabajos de perforación y voladura. La perforación se realiza con la carretilla perforadora ROCK 480-PC con diámetro de 115 mm. La carga del material se realiza con el cargador XCMG-LW-800 K con capacidad de  $5 \text{ m}^3$  y la excavadora frente pala EO-5124 con capacidad en la cuchara de  $3 \text{ m}^3$ . La transportación hasta la planta de beneficio se lleva a cabo con los camiones de volteo KRAZ de  $8 \text{ m}^3$  de capacidad y para el acarreo del material se usa el buldócer TY-220.

El yacimiento es hidrológicamente muy simple, considerando la no existencia de agua en las perforaciones realizadas. Posee un carácter positivo, presenta gran cantidad de grietas y carsificación que permiten que las aguas drenen en profundidad. No obstante a lo planteado anteriormente y con el objetivo de garantizar un mayor escurrimiento de las aguas producto de las precipitaciones se plantea dejar en el piso de los escalones una pequeña pendiente de 2 %. En este yacimiento existe una escombrera que tiene capacidad para seguir recepcionando material, la misma se encuentra fuera de los límites de los recursos industriales del yacimiento.

### **Yacimiento Los Sigatos (Yeso)**

El yacimiento Baitiquirí se encuentra situado en el municipio de San Antonio del Sur, provincia de Guantánamo. La zona de estudio se ubica a unos 7 km al NE y a 4 km al NO de los poblados de Baitiquirí y San Antonio del Sur, respectivamente. Las coordenadas del yacimiento son: X=706 400-707 000; Y=158 600-159 200.

El relieve es abrupto, cortado por valles profundos, la zona de explotación presenta cotas que varían entre 200–300 m sobre el nivel del mar. El terreno va aumentando su elevación con rumbo norte, el yacimiento está densamente cubierto por la vegetación.

El clima es cálido y seco. La temperatura promedio anual es de 27 °C, con pocas variaciones en el año. Las precipitaciones son escasas, y alcanzan valores anuales entre 500 m y 600 m.

El yacimiento litológicamente está caracterizado de la siguiente forma:

Yeso de granos finos (alabastro)

Yeso laminar en forma de cristales gruesos (selenita)

Yesoteno (gibbsita).

La red hidrográfica está poco desarrollada, solo se presentan algunos arroyos que corren en diferentes direcciones, entre los que se encuentran: Los Siguitos, Corojo, Manguito, etc. En el yacimiento no se han detectado las aguas subterráneas; ya que está enclavado en una de las zonas más secas del país donde se desarrollan yacimientos evaporíticos, ocupando una zona elevada en la cual existen valles profundos y las precipitaciones drenan rápidamente por gravedad.

No fue encontrado ningún horizonte acuífero, por lo que no existen condiciones hidrogeológicas complejas. Para lograr el desagüe de la cantera producto de las precipitaciones atmosféricas se propone la construcción de los pisos de la cantera con una inclinación con respecto al frente de trabajo  $\geq 2\%$ . Se realizará en los primeros cinco años de explotación de la cantera, porque cuando se llegue a la cota +215 se tendrá que construir una zanja de desagüe. De esta forma las aguas de las precipitaciones atmosféricas no dificultarán la explotación del yacimiento.

El yeso presenta coloraciones grises, pardas, amarillo claro y textura maciza. A las muestras se le realizaron análisis de  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}^+$  y  $\text{SO}_3$ , arrojando un peso volumétrico promedio seco de  $2,0 \text{ g/cm}^3$ , la absorción de 17,6 %; el peso volumétrico promedio saturado de  $2,35 \text{ g/cm}^3$  y masa volumétrica promedio de  $2,3 \text{ g/cm}^3$ .

La escombrera se encuentra ubicada en la ladera de la montaña debido a que los pozos que se encuentran en ella son negativos y, además, por ser una zona donde se evita la contaminación del río por las precipitaciones atmosféricas.

Según la tarea técnica la productividad de la planta beneficiadora de yeso calcinado es de unas 2 000 t/año; mientras que la productividad de la cantera, según esta misma tarea técnica, es de 2 200 t/año; para poder cumplir con la productividad de planta beneficiadora la capacidad de trabajo de la cantera se mantendrá constante durante los primeros cinco años.

El laboreo en este yacimiento se realiza con buldócer D7-42, el transporte que se emplea para el traslado del material a la planta será por camiones de volteo KRAZ, con una capacidad de 8 m<sup>3</sup>. El trabajo de perforación y voladura se realizará con dos martillos barrenadores PR-22 y un compresor AIRMAN; el trabajo con voladura no se realizará en su totalidad en la extracción, solo en aquellos casos que el material lo requiera. La carga del material a los camiones se realiza mediante el cargador calza 1 800, con capacidad de la cuchara de 3 m<sup>3</sup>.

### **Yacimiento Juraguá (Arena)**

El yacimiento se encuentra ubicado a 15 km al sureste de la ciudad de Santiago de Cuba, en la carretera Santiago Baconao y en los alrededores se localiza el poblado del Oasis. Las coordenadas Lambert son: X=620 510–620 660; Y=145 810–146 610.

El yacimiento se caracteriza por un relieve poco accidentado de colinas suaves con una diferencia de altura de 50 m, donde se han desarrollado potencias promedios de arena producto al intemperismo de la granodiorita. Las rocas intrusivas han sido sometidas a intensos procesos de meteorización las cuales han ido desarrollando el espesor de arena, variable de acuerdo a las condiciones geomorfológicas del yacimiento. Las rocas predominantes son las granodioritas alteradas, arena sobre la cual yacen bloques de la misma roca dura y poco alterada, con abundantes xenolitas de composición básica, sin signos de meteorización, a los que atribuimos un origen diluvial.

La temperatura media anual es de 24 °C a 26 °C. Las precipitaciones medias anuales son menores de 800 mm, comportándose en el periodo lluvioso mayo–octubre con menos de 600 mm y en el periodo poco lluvioso noviembre–abril menor de 200 mm. La humedad relativa media anual oscila entre un 80-85 %.

La red hidrográfica está desarrollada en las pendientes montañosas. Los ríos son de poca extensión y contenido, abundante cantidad de agua en la época de lluvia y se presentan sin ningún escurrimiento superficial durante los periodos de seca. Las

características onduladas del relieve favorecen que fluyan las arterias de drenaje, conocidas con el nombre de los ríos Juraguá, Carpintero, Damajayabo y Arenal.

Geológicamente la zona pertenece al cuerpo intrusivo granodiorítico Daiquirí. Se observa la presencia de las rocas vulcanógenas–sedimentarias del Cretácico Superior hasta el Eoceno Medio de la formación El Cobre.

La morfología está afectada por la extracción, encontrándose abundantes frentes de cantera de diferentes tamaños, longitud y altura; además, zonas de pilares de caminos, líneas eléctricas que atraviesan el yacimiento.

El yacimiento está condicionado evidentemente al efecto que han tenido en él las dislocaciones tectónicas disyuntivas, las cuales han permitido la disgregación de las rocas y formaciones de una potencia de arena a partir de las granodioritas.

El sistema de explotación que se emplea es el arranque directo con el buldócer Chetra E-20. El material es transportado hacia la planta en camiones de volteo KRAZ-6510 con capacidad de carga de 8 m<sup>3</sup> y camiones Sino Truck Styer con capacidad de 10 m<sup>3</sup> y la carga se realiza con el cargador frontal Loadres B-160 con una capacidad de 3,5 m<sup>3</sup>.

### **Yacimiento La Gloria (Caliza)**

El yacimiento La Gloria se ubica a unos 7 km al SO del poblado de Maffo, municipio de Contramaestre y a unos 6 km al sur de la carretera central. Las coordenadas Lambert son X: 555 400–556 400; Y: 176 800–177 800.

El material útil es la caliza que tiene como uso fundamental ser árido de hormigones para la construcción. Además, se puede utilizar en la construcción de traviesas para vías de ferrocarril, elementos para puentes (columnas y bases) así como piedra triturada para la elaboración de las mezclas de asfalto de hormigón y para balasto.

El relieve de la zona está formado fundamentalmente por elevaciones y quebradas secas. Las cotas sobre el nivel del mar oscilan sobre los 109 m. Las cuestas son bastante suaves, con pendientes de 15-20°, a excepción de algunas partes (parte oeste del yacimiento). El clima es tropical seco muy caluroso; la mayor parte del año las temperaturas son mayores de 26 °C. La época de lluvia se presenta de abril a noviembre. El promedio anual de las precipitaciones es de 119 mm.

La red hidrográfica es sencilla y solo aparecen arroyos intermitentes que corren en período de lluvias. La cantera se encuentra seca hasta el nivel de base de explotación y solo es posible encontrar agua cuando ocurren precipitaciones atmosféricas, que se acumulan en las aguadas y oquedades de las rocas, en cantidades poco significativas y que no obstruyen la explotación del yacimiento, siendo evacuadas de forma natural hacia el río.

Durante los trabajos de campo se observaron taludes de 10 m a 12 m de alto y con una pendiente entre 58° y 72°. Estos taludes son estables, por tal motivo pueden considerarse adecuados para la explotación del yacimiento.

El yacimiento es seco y el volumen de las aguas de lluvia que se acumulan en las aguadas y oquedades de las rocas no es significativo. También la topografía del relieve facilita el drenaje de las aguas de lluvia por gravedad hacia las cotas inferiores, por lo que no será necesaria la construcción de una zanja de desagüe para la cantera; no obstante se prevé que se construyan los pisos de la cantera con una inclinación ( $\geq 2\%$ ) contraria al frente de trabajo, para lograr el desagüe con mayor facilidad hacia las cotas inferiores.

El yacimiento se sitúa dentro de la zona estructuro facial Caimán, donde aparecen la formación Cobre y las rocas de la formación Charco Redondo; esta última es la zona donde se explota en la actualidad. Está constituido por rocas calizas de color blanco crema a rosado pertenecientes a la formación Charco Redondo, con relativo desarrollo del cuarzo, tanto superficial como subterráneo, evidenciado en la cantidad de oquedades rellenas de arcilla, así como cavernas rellenas de material arcilloso que no sobrepasan los 2 m y cavernas vacías que alcanzan hasta los 5 m de longitud.

Tectónicamente existe una falla en dirección NW–SE que parece tener su lineamiento a lo largo de una cañada; se observa en ambos lados de esta la existencia de brechas calcáreas, pero todos estos fenómenos no han tenido influencia en la calidad de la materia prima y tal como lo demuestran los resultados tecnológicos tiene un carácter bastante estable.

La explotación se efectúa mediante perforación y voladura, el acarreo se realiza con el uso del buldócer D-85-A-18 de estera, la carga será realizada con la excavadora frente pala EO-5124, con una capacidad de 3 m<sup>3</sup> y un cargador. El transporte hacia la planta

se efectuará en los camiones KRAZ, con una capacidad de 8 m<sup>3</sup> y los camiones CFC-Belaz (Camiones Fuera de Camino) con una capacidad de 17 m<sup>3</sup>.

Existe una escombrera pero en este yacimiento prácticamente no hay escombros, ya que todo el material que se extrae tiene uso; no obstante, los restos vegetales que se encuentran durante el destape se depositan en esta escombrera (ubicada a unos 60 m fuera de los límites de los recursos industriales), los cuales pueden ser utilizados en la rehabilitación del yacimiento.

### **Yacimiento Los Dorados II (Arena)**

El sector Bambá del yacimiento Los Dorados II se encuentra ubicado en el municipio de Palma Soriano. Se ubica a 2 km aproximadamente al norte de Palma Soriano, en el margen del río Cauto, en una terraza aluvial formada por el río. Las coordenadas Lambert son: X=587 644–588 484; Y=175 932–176 401.

El relieve es llano y el acceso fácil debido a los terraplenes que los unen a las vías principales. El clima es tropical húmedo, con una temperatura media anual de 24 °C. La precipitación media anual es de 1 200 mm. Desde el punto de vista hidrológico la red fluvial está formada por los ríos Cauto, Guanicum, Caney, Yayabo y otros arroyos, los cuales desembocan dentro del área regional. Los arroyos intermitentes y los ríos, excepto el Cauto, poseen un caudal poco considerable.

La región donde está ubicado el yacimiento, desde el punto de vista geológico, pertenece a las formaciones del sinclinario central (San Luis, Camarones) y a la formación de las zonas de Sierra de Nipe.

Las condiciones hidrogeológicas del yacimiento están determinadas fundamentalmente por las corrientes superficiales del río Cauto, el cual lo bordea y corre entre las cotas +99 y +100; aspecto que no se tendrá en cuenta, pues la cota de explotación está muy por encima de estos.

La materia prima es de grano fino y en algunos lugares de grano medio. El porcentaje de grava se tiene entre los rangos (0,97-1 %), por lo que se puede determinar que la arena es buena para hormigón. El módulo de finura oscila entre 2,5-3,5 %, para un promedio de 2,8 %. La porosidad varía en los límites de 32 % a 38 % y no tiene impurezas, ni elementos nocivos.

El sistema de explotación que se emplea es el arranque directo con el cargador frontal XCMG-LW-800K, con capacidad de carga de 5 m<sup>3</sup>. Esto es debido a que la materia prima que se extrae en este yacimiento no posee nivel de contaminación, es decir, es arena natural, por lo que no tiene que pasar por ninguna planta de beneficio y se le vende al usuario directamente.

Atendiendo a las condiciones hidrogeológicas el sector Bambá se puede considerar como seco. En este sector solo hay afluencia de las aguas superficiales producto de las precipitaciones, además, por la capa de arcilla impermeable que subyace al mineral útil y la irregularidad del piso, se hace necesario el empleo de bombeo con el fin de realizar el desagüe del yacimiento. Este método consiste en realizar pozos colectores a los que se unen canaletas que recogen el agua y la llevan hacia el pozo colector para su extracción por bombeo.

### **Yacimiento Siboney (Caliza)**

El yacimiento Siboney se ubica aproximadamente a 2 km del poblado de Siboney, en las terrazas marinas localizadas a 15 km al sureste de la provincia de Santiago de Cuba, con coordenadas: X: 615 300-615 700; Y: 145 500-145 750.

El relieve es llano, donde se ejecutan los trabajos con terrazas marinas de difícil acceso, distinguidas por dientes de perro en variadas formas y tamaños; se caracteriza, además, por terrazas planas y carnificadas.

El clima se caracteriza por una temperatura media anual del aire entre 24 °C y 26 °C. Las precipitaciones se consideran muy escasas, no superan los 800 mm promedio de lluvia anual. Los vientos predominantes son las brisas marinas de hasta 12 km/h durante el día, durante la noche predominan los vientos alisios flojos reforzados por terral y brisas de montaña. La humedad relativa media anual oscila entre 75-80 %.

El yacimiento estudiado es seco. Las aguas de lluvia que se puedan acumular drenan por gravedad hacia las cotas inferiores. La red hidrográfica superficial no existe, está caracterizada por una red hidrográfica subterránea.

El yacimiento se ubica en la región oriental, en la subregión Sierra Maestra, en las terrazas costeras del sur de la misma. Las terrazas pertenecen al Mioceno Superior y al Plioceno y están constituidas por rocas de las formaciones Maya, Jaimanitas y La Cruz.

Específicamente en el yacimiento se presentan las calizas arrecifales que yacen horizontalmente en forma de terrazas y corresponden a la formación Maya. Al sur del área del yacimiento aparece la formación Jaimanita, formada por calizas organógenas detríticas, arcillosas y arrecifales.

Para el yacimiento este fenómeno se caracteriza por el gran desarrollo de los procesos cárscicos, representado por las grietas y cavernas, en ocasiones rellenas por arcilla ferrosa. Las grietas tienen direcciones NS, con elementos de yacencia de  $350-355^{\circ}/90^{\circ}$ , algunas aisladas presentan dirección EW ( $355^{\circ}/2^{\circ}$ ). En la superficie está bien desarrollado el diente de perro, lo que dificulta el acceso a la zona.

El sistema de laboreo que se aplicará en la cantera será de la siguiente forma: el arranque del material se realizará con perforación y voladuras, la carga de este es con el cargador XCMG-LW-800K de  $5 \text{ m}^3$  de capacidad, el transporte hasta la planta lo realizarán los camiones de volteo Sino TruckStyer de  $10 \text{ m}^3$  de capacidad, el buldócer sobre esteras Shantuy SD-22 se encargará del acarreo y reapije del material cuando sea necesario, así como la separación de los pedazos de rocas sobredimensionados para luego ser sometido a la fragmentación secundaria.

El yacimiento es seco y las aguas de lluvia que pudieran acumularse drenan por gravedad hacia las cotas inferiores.

### **Yacimiento Dos Palmas (Arcilla)**

El yacimiento de arcilla Dos Palmas se ubica en la provincia de Santiago de Cuba, en el municipio de Palma Soriano y a 12 km al suroeste del pueblo homónimo. Las coordenadas Lambert son: X=584 230–585 030; Y=163 250–163 650.

El relieve se caracteriza por ser accidentado, observándose las mayores cotas hacia el norte y el sur con altura de 200 m a 300 m. En el área del yacimiento las mayores cotas se observan al NE con alturas de hasta 240 m.

El clima se caracteriza por tener una temperatura media anual entre  $24^{\circ}\text{C}$  y  $26^{\circ}\text{C}$ . La precipitación anual está entre los 800 mm y 1 000 mm. La humedad relativa anual es de un 80-85% y los vientos son del noreste de 8 km/h a 10 km/h durante la noche.

La red hidrográfica está formada por el río Cañas y el arroyo Ricota. Predominan los depósitos aluviales del Pleistoceno, representados por bloques, cantos rodados, gravas, arenas, aleurolitas y arcillas que se extienden en los causes u orillas de los ríos por capas de arenas arcillosas, arenas y arenas cascajosas, con intercalaciones de limos, gravas y conglomerados. Las capas son de color gris, gris parduzco, amarillo grisáceo. La formación Puerto Boniato (Eoceno Medio) está constituida por calizas con marcada estratificación e intercalaciones de areniscas.

El sistema de explotación que se aplica en la cantera es de la siguiente forma: el arranque del material se realizará de forma directa con el buldócer Chetra T-20, la carga de este será con el cargador XCMG-LW-800K y el transporte hasta la planta lo realizarán los camiones de volteo KRAZ de 8 m<sup>3</sup> de capacidad. Estos equipos que se usan para este trabajo son los mismos que se utilizan en la cantera de Yarayabo debido a que Dos Palmas no cuenta con equipamiento minero para su desarrollo.

### **Conclusiones**

El análisis de las características geológicas, ambientales, minero-técnicas y la identificación de los impactos ambientales permitió realizar la caracterización minero-ambiental de las canteras de la Empresa de Materiales de la Construcción de la provincia de Santiago de Cuba y proponer medidas de mitigación de los efectos negativos.

### **Referencias bibliográficas**

- DESPAIGNE, Y. 2015: Elección del método de arranque de las rocas en la cantera Yarayabo. *Ciencia & Futuro* 5(3): 1-19.
- GUINDO, A. L. 2014: Caracterización minero ambiental de la Industria de Materiales de la Construcción en Guantánamo. *Ciencia & Futuro* 4(1): 1-17.
- HANDJABA, J. 2012: Estudio minero-ambiental de la cantera El Cacao. *Ciencia & Futuro* 2(4): 49-58.
- HERNÁNDEZ, N.; ULLOA, M. & ROSARIO, Y. 2011: Impacto ambiental de la explotación del yacimiento de materiales de la construcción El Cacao. *Minería y Geología* 27(1): 38-53

MONTES DE OCA, A. 2012: *Recuperación de áreas minadas de canteras de materiales de construcción de Santiago de Cuba*. Tesis de maestría. Instituto Superior Minero-Metalúrgico de Moa.

MONTES DE OCA, A. & ULLOA, M. 2013: *Recuperación de áreas minadas de canteras de materiales de la construcción Santiago de Cuba*. En: V Congreso Cubano de Minería (MINERIA'2013) y V Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, GEOCIENCIAS'2013 (Memorias en CD-Rom). La Habana, 1-5 abril 2013. ISSN 2307-499X.