



*Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
Facultad de Geología–Minería
Departamento de Minas*

Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero en Minas

*Título: Diagnóstico tecnológico de la cantera de
áridos La Inagua en la provincia de Guantánamo*

Autor: Isnel Cutiño Guilarte

Tutores: Dra. C. Naisma Hernández Jatib

Dra. C. Mayda Ulloa Carcassés

*Curso
2015 – 2016
Año 58 de la Revolución*



*Ministerio de Educación Superior
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
“Dr. Antonio Núñez Jiménez”
Facultad de Geología–Minería
Departamento de Minas*

Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero en Minas

*Título: Diagnóstico tecnológico de la cantera de
áridos La Inagua en la provincia de Guantánamo*

Autor: Isnel Cutiño Guilarte

Tutores: Dra. C. Naisma Hernández Jatib

Dra. C. Mayda Ulloa Carcassés

*Curso
2015 – 2016
Año 58 de la Revolución*

DEDICATORIA

A toda mi familia, especialmente a mis padres Irlaide y Ángel Manuel, a mi hermano Ángel por ser ellos los seres más importantes en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

- ❖primeramente le agradezco a la vida por tenerme en este lugar y haberme dado la oportunidad de cumplir sueños que he deseado.
- ❖a mis padres que fueron los creadores y educadores de quién soy en este momento, a mi hermano quien me ha brindado apoyo y ayuda en toda mi vida.
- ❖a mi tutora Naisma Hernández Jatib por dedicar gran tiempo y ayuda a la realización de mi trabajo.
- ❖a mis compañeros; Teo, Alberto, Kamilo, Ramoncito, Yoandri, Iván, El rubio, Wilber, Manuel por compartir con ellos uno de los mejores tiempos de mi vida.
- ❖a mi novia Alisneidis por la compañía y el apoyo que me brinda todos los días.
- ❖y en general a toda mi familia.

Pensamiento

*...la juventud de hoy en día tiene el deber de
pensar, obrar y luchar por mantener la
Revolución que los jóvenes de mi tiempo
construyeron...*

"Fidel Castro Ruz"

RESUMEN

El objetivo general de la presente investigación es realizar el diagnóstico tecnológico de la cantera La Inagua, el análisis de los parámetros característicos de la técnica minera, los aspectos medioambientales y de seguridad y su situación socio-económica. Para ello, se aplicó la matriz de evaluación de canteras (mECA), que permite comprobar el grado de implementación de las técnicas disponibles para los aspectos evaluados y diseñar mejoras tecnológicas que contribuyan a elevar la eficiencia y calidad de las producciones mineras y disminuir los impactos ambientales negativos. El resultado de la investigación tributa al proyecto de investigación “Caracterización minero-ambiental de las canteras de materiales de construcción del este de Cuba” que se desarrolla en las cinco provincias orientales del país. Para la aplicación del diagnóstico tecnológico en la cantera La Inagua fue necesario identificar las variables y los indicadores que componen la mECA. Los valores obtenidos de cada variable permitieron obtener el valor final del índice mECA (43,6%) lo cual evalúa a la cantera de regular.

Palabras claves: diagnóstico tecnológico, áridos, cantera, eficiencia.

ABSTRACT

The general objective of this research is to make a technological diagnosis of the quarry site La Inagua; an analysis of the characteristic parameters of mining engineering; the environmental and safety aspects and its socio-economic situation. For this purpose, the quarry assessment matrix (mECA) was applied. It allows checking the degree of implementation of the available techniques for the evaluated aspects as well as designing technological improvements which contribute to raise the efficiency and quality of mining production, and reduce negative impacts to the environment. The result of this research will offer assistance to the research project "Mining-environmental characterization of the quarries of building material in the eastern part of Cuba" developed in the five provinces of the country. For the application of the technological diagnostic in the quarry site La Inagua, it was necessary to identify the variables and indicators that compose the mECA, The resulting values for each variable allowed obtaining the final value of the mECA index in (43,6 %) which evaluates the quarry site as regulating.

Key words: technological diagnosis, arid, stone pit, efficiency.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I ANTECEDENTES Y TENDENCIA ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA	5
1.1 Los áridos y su importancia	5
1.2 Particularidad de la producción de áridos	5
1.3 Producción de áridos en Cuba	6
1.4 Diagnóstico tecnológico	7
1.5 Matriz de evaluación de canteras de áridos (mECA)	10
1.6 Situación actual de la temática en Cuba.....	11
1.7 Fundamento legal de la investigación	13
CAPÍTULO II CARACTERÍSTICAS DE LA MATRIZ DE EVALUACIÓN DE LA CANTERA DE ÁRIDOS.....	16
2.1 Selección de las variables e indicadores que componen la mECA.....	16
2.2 Descripción de la mECA para la cantera La Inagua	20
2.3 Descripción del procedimiento para la aplicación de la mECA	21
CAPÍTULO III DIAGNÓSTICO TECNOLÓGICO DE LA CANTERA LA INAGUA	27
3.1 Caracterización general de la cantera La Inagua	27
3.2 Selección de las variables y los indicadores que componen la mECA.....	30
3.3 Aplicación de la mECA en la cantera La Inagua	33
3.4 Descripción de los aspectos evaluados en la cantera La Inagua	34
3.4.1 Aspecto técnico	34
3.4.2 Aspecto medioambiental.....	36
3.4.3 Aspectos socio-económicos.....	38
3.5 Cálculo de la mECA para la cantera La Inagua	40
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFÍA.....	62
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

Desde sus comienzos, el ser humano ha modificado su entorno para adaptarlo a sus necesidades. Para ello ha hecho uso de todo tipo de materiales naturales que, con el paso del tiempo y el desarrollo de la tecnología, se han ido transformando en distintos productos mediante procesos de manufactura con un creciente desarrollo tecnológico (Bendler, 2009; citado por Rilva, 2012).

En el Congreso de Áridos de España (Luaces, Carretón & Maceda, 2015a) se planteó que los agregados pétreos son el segundo producto más consumido por el hombre después del agua, a la vez que constituyen un insumo fundamental para la construcción, una de las principales fuentes de crecimiento económico y por tanto de bienestar para la sociedad. Paralelamente a esta situación, existen normas en materia de prevención de riesgos laborales, calidad y medioambiente, que han provocado la aparición de sistemas para la gestión de estas variables, con el objetivo de facilitar a la empresa su aplicación y control.

Martínez (2009) expresa que estos materiales representan la porción de menor costo en una obra y constituyen el mayor volumen de los componentes del producto final, lo que permite aseverar que el aumento de la demanda en este sector durante los últimos años, ha generado un incremento en la extracción de materia prima y en consecuencia una mayor tecnificación del sector, mejores equipos, más técnicos y trabajadores con mayor calificación, transformándose la dimensión empresarial del sector.

Como toda actividad minera, que se lucra con la explotación de recursos naturales no renovables, lo que implica la responsabilidad política y social, además del análisis de la relación costo/beneficio, hay que garantizar un mínimo impacto ambiental mediante actividades de mitigación, conservación y compensación y el aprovechamiento racional de los recursos naturales.

En Cuba la industria de materiales de construcción es una de las principales ramas de la economía en la que juega un papel fundamental la explotación de estos yacimientos para la producción de áridos y materiales que deben integrarse y compatibilizarse en dos ámbitos: la participación en los planes y programas de la Revolución y su contribución a los requerimientos de las políticas nacionales y provinciales que estén en correspondencia con el papel de cada territorio y su

vinculación con el desarrollo sostenible para la prosperidad y satisfacción de las necesidades de la sociedad. Sin embargo, según Hernández (2015) la industria de materiales para la construcción en el país no ha alcanzado el desarrollo tecnológico necesario ni la adecuada introducción de la dimensión ambiental en todas las etapas de la minería.

En consecuencia, en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución en Cuba (Partido Comunista de Cuba, 2011) se enfatiza la necesidad de recuperar e incrementar la producción de materiales para la construcción que aseguren los programas inversionistas priorizados del país. En ellos se ha declarado que se debe definir una política tecnológica que contribuya a reorientar el desarrollo industrial y se indica: "...que comprenda el control de las tecnologías existentes en el país, a fin de promover su modernización. Así mismo, debe priorizarse que las entidades económicas, en todas las formas de gestión, contarán con el marco regulatorio que propicie la introducción sistemática y acelerada de los resultados de la ciencia, la innovación y la tecnología en los procesos productivos y de servicios, teniendo en cuenta las normas de responsabilidad social y medioambiental establecidas..."

En la cantera de áridos La Inagua se explota calizas mediante el método perforación y voladura a diferentes niveles de profundidad. El material que se extrae se procesa en una planta trituradora y procesadora donde se obtienen seis productos que se comercializan en forma de macadán, grava para hormigón, gravilla, granito, arena artificial y polvo de piedra. Los trabajos de investigación en esta cantera han estado dirigidos fundamentalmente a estudios medioambientales, perfeccionamiento de las labores de perforación y voladura, caracterización geomecánica y elección adecuada del método de arranque de las rocas, sin embargo, el análisis bibliográfico, permitió comprobar que hasta el momento no se han llevado a cabo estudios integrales que determinen el desempeño ambiental, nivel técnico y el estado de las tecnologías existentes en la cantera.

A partir de lo antes expuesto se plantea como **problema de la investigación**, la necesidad de realizar un diagnóstico tecnológico de la cantera La Inagua que permita evaluar de forma integral su desempeño, que contribuya a elevar la eficiencia, la calidad de su producción y disminuya el impacto ambiental.

Objeto de estudio: el diagnóstico tecnológico de cantera de áridos.

Campo de acción: la cantera de áridos La Inagua.

Objetivo general: realizar un diagnóstico tecnológico de la cantera de áridos La Inagua para evaluar de forma integral su desempeño, que contribuya a elevar la eficiencia, la calidad de su producción y disminuya el impacto ambiental.

Hipótesis: si se caracteriza la cantera La Inagua, se seleccionan las variables y los indicadores que componen la mECA y se aplica la misma, entonces se podrá obtener un diagnóstico tecnológico de la cantera que permita evaluar de forma integral su desempeño.

Objetivos específicos:

- Caracterizar la cantera La Inagua.
- Seleccionar las variables y los indicadores que componen la mECA para la cantera La Inagua.
- Aplicar la mECA en la cantera La Inagua.

Los métodos de investigación científica empleados en el trabajo se relacionan a continuación:

Teóricos:

- Histórico-lógico: para analizar la trayectoria tecnológica de la cantera.
- Deductivo-Inductivo: para la identificación de los principales indicadores que inciden en la evaluación desde el punto de vista tecnológico, medioambiental y socio-económico de las canteras de áridos.
- Hipotético-Deductivo: para la formulación de la hipótesis y luego, a partir de inferencias lógicas-deductivas, se arriba a conclusiones particulares que posteriormente se pueden comprobar.

Empíricos:

- Observación: para conocer la realidad de la cantera de áridos, las características tecnológicas y el estado actual del medio ambiente.
- Entrevista a especialistas para fundamentar la elección de los principales indicadores que inciden en la evaluación tecnológica de la cantera.

- **Compilación:** permite reunir y sistematizar información mediante la revisión de fuentes bibliográficas, orales, digitales o de otro tipo.

El presente trabajo se desarrolla en tres etapas que se describen a continuación:

Primera etapa:

El diseño de la investigación y el análisis bibliográfico del tema.

Segunda etapa:

Elaboración de la mECA para la cantera La Inagua.

Que comprende:

- Recopilar y organizar la información existente en el proyecto de explotación y de medio ambiente de la cantera y seleccionar la información relacionada con los planes de producción.
- Visitar la cantera objeto de estudio para comprobar la información que ha sido recopilada, consultar con los especialistas necesarios sobre los aspectos de interés que no aparecen en la documentación analizada y seleccionar las variables y sus indicadores.

Tercera etapa:

Evaluación de la cantera objeto de estudio a través de la aplicación de la mECA.

CAPÍTULO I ANTECEDENTES Y TENDENCIA ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA

El objetivo del presente capítulo es ofrecer una visión general sobre el diagnóstico tecnológico de una cantera de áridos. A partir del conocimiento de los antecedentes ha sido seleccionada y analizada la información más importante, para establecer y aplicar una metodología que permita determinar el estado tecnológico.

1.1 Los áridos y su importancia

Los áridos son materias primas minerales que se relacionan directamente con el desarrollo socio-económico de un país y, consecuentemente, con la calidad de vida de la sociedad y además constituyen un buen índice de la actividad económica en cada momento. Así, la producción de áridos para obras civiles es una de las mayores industrias del mundo.

En la última década el desarrollo del sector de la construcción, el desarrollo industrial, los logros técnicos, el crecimiento del consumo y especificaciones cada vez más estrictas han convertido el sector de áridos en la industria minera más importante del mundo en términos de volúmenes ya que este representa más del 69 % de la producción minera mundial. En cuanto al consumo de áridos de fuentes secundarias, los áridos reciclados y reutilizados representaron el 8,3 % mientras que los artificiales alcanzaron el 2,6 % (Luaces, Carretón & Maceda, 2015 b).

1.2 Particularidad de la producción de áridos

A fin de dar su aporte a la discusión de modelos y estrategias que permitan ver a los áridos como parte del proceso y tecnologías que generen cambios efectivos en los grupos sociales de referencia, Cacopardo et al. (2015), plantean que el sector de los áridos debe situarse en un marco más amplio que el científico o técnico de modo que sean parte tanto de los circuitos institucionales, alianza con empresas así como redes socio territoriales para que se promuevan la inclusión social a partir de emprendimientos productivos en un sector de la sociedad.

El sector de la construcción tiene una importancia significativa en América Latina, tanto por su aporte directo e indirecto a la economía de la región como por su rol indirecto en la satisfacción de las necesidades básicas a través de las infraestructuras. La extracción de áridos en este continente tuvo un incremento relativamente fuerte (3,7 %/año) en el periodo de 1970 a 2008, pero comparando este dato con otras regiones como Asia y el Pacífico este incremento es más lento.

Según el PNUMA (2013), el consumo de áridos en América Latina está dado por el crecimiento poblacional y la alta tasa de urbanización, visto que el 80 % de la población vive en zonas urbanas.

Rilva (2012) plantea que en América los indicadores económicos muestran que el sector de la construcción es uno de los sectores que más ha crecido. En República Dominicana durante décadas los ríos han aportado los grandes volúmenes de agregados demandados por la industria de la construcción, lo que ha provocado severos impactos negativos en los cauces, las márgenes y las terrazas de los ríos. Ante esa situación se impone la producción de agregados a partir de fuentes alternativas, entre las que se destacan los paleocauces, las terrazas fluviales, los abanicos aluviales y las canteras de rocas ígneas y sedimentarias.

1.3 Producción de áridos en Cuba

En Cuba la producción de áridos es uno de los renglones de máxima demanda, tanto el mercado interno como el externo aunque, no cuenta con las condiciones extraordinarias de reservas naturales que existen en los países de la plataforma continental como Estados Unidos y Europa Central (Pérez, 2011).

En su mayoría los áridos en Cuba son de origen calizo, generalmente de rocas sedimentarias, se obtienen directamente de yacimientos en canteras que corresponden a explotaciones a cielo abierto.

En el año 2010 en Cuba, la producción de rajón en cantera alcanzó un volumen de 3 548 568 m³, dando la posibilidad de producción de piedra triturada en plantas de 3 016 283 m³. Pero según datos ofrecidos por el GEICON, la producción de áridos fue de 2 470 555 m³. Estos resultados están asociados a demoras en la reparación general de algunas unidades de barrenación por la insuficiencia de aseguramientos y una incorrecta política en la actividad de mecanización.

A partir de la demanda de materiales para la construcción debido a los programas nacionales de inversión en el sector, se constató que en el país en las canteras existe poca preparación o nivelación de las superficies de las áreas a barrenar, incorrecta identificación de la demanda en algunas canteras y la no concordancia de las redes de perforación, la capacidad de la cuchara de los equipos de carga y con la abertura de alimentación de las trituradoras primarias, así como, atrasos en la ejecución de las voladuras por problemas técnicos, organizativos, de aseguramiento y financieros,

que provocan la pérdida de barrenos sin explotar y las paralizaciones de las plantas de procesamiento por deficiencias tecnológicas.

En la última década se ha observado una manifiesta inestabilidad en la explotación de áridos en el país, lo que trae consigo afectaciones en la productividad del trabajo, problemas de seguridad y mayor impacto al medio ambiente.

Según Hernández (2012) (citado por Penehafo, 2015) todos estos problemas surgen fundamentalmente debido a:

- Bajo grado de conocimiento de las reservas, debido a que no se realizan suficientes estudios ni exploraciones que permitan aumentar el grado de conocimiento del yacimiento y orientar los trabajos de explotación de forma racional.
- Deterioro de la infraestructura instalada y tecnología de arranque.
- Alto grado de deterioro del equipamiento tecnológico.
- Poca exigencia en la toma de medidas para la mitigación del impacto medio ambiental, entre otros.

La revisión bibliográfica realizada permitió valorar cuán importante es el sector de los áridos para el desarrollo socio-económico de cualquier país, qué lugar ocupa actualmente en la industria a nivel mundial y permite además observar que el incremento de las demandas de esta materia prima no resuelve las necesidades poblacionales ni industriales debido al deterioro tecnológico de sus instalaciones que su vez incrementan los problemas de contaminación ambiental en las áreas aledañas a las canteras en explotación.

1.4 Diagnóstico tecnológico

El diagnóstico tecnológico consiste en analizar si una empresa cuenta con los recursos necesarios, ya sean humanos, técnicos, materiales y financieros, así como su estructura y competencia para que ésta pueda alcanzar márgenes favorables de producción y de así satisfacer la demanda del mercado.

Los diagnósticos tecnológicos se abordan desde diferentes aristas. Diversos autores utilizan términos como: gestión tecnológica, auditoría, mejora continua y otros. Garzón (1990) explica en su metodología una herramienta que permite realizar un diagnóstico tecnológico desde el punto de vista estratégico y de competencias de una empresa con lo que además se permite conocer el grado en que una tecnología

aporta a la sostenibilidad de la estrategia de una entidad al desarrollar en ella un proceso de auditoría tecnológica.

Marrugo (2008) lo define como el diagnóstico analítico de la trayectoria pasada y del estado actual de la empresa, así como de sus potencialidades prospectivas, respecto al cumplimiento de su misión, sus objetivos y sus actividades productivas, del estado de sus recursos y de su funcionamiento técnico organizacional.

Para su ejecución, es imprescindible un conocimiento de la información actualizada de la situación en la que se encuentra el sector y la posición que se desea ocupar en el futuro, tomado como punto de partida el uso de las tecnologías disponibles como base de la competitividad futura de la organización.

Por su parte Martínez (2009) expone que el diagnóstico tecnológico considera como nivel tecnológico de una instalación lo correspondiente a la modernidad de sus equipos, que actualmente el análisis es más profundo, realizando un estudio más completo de todos los elementos que componen el sistema de producción, como la organización de los recursos humanos, la eficiencia de los procesos o la disposición en planta.

Además de lo antes referido se tiene en cuenta, para la realización de un diagnóstico tecnológico, lo relacionado con el inventario de maquinarias y el efecto que estas causan sobre el medio ambiente y se valoran los impactos tanto positivos como negativos.

Una tecnología, en el caso de los minerales, es sustentable si permite que se exploten las reservas para la cual se diseñó, sin afectar la capacidad de la naturaleza de recomponerse. Pero, además, es sustentable si es capaz de crear sistemas tecnológicos abiertos que permitan utilizar los desechos de la producción, para obtener otras producciones y utilizar los minerales acompañantes.

El empleo de tecnologías modernas permite crear materias primas artificiales las cuales sustituyen las naturales en el proceso de producción. Esto facilita la protección de innumerables recursos, especialmente cuando existen restricciones legales, lo cual contribuye al proceso de regeneración natural al no estar sometidos a los niveles de sobre explotación actual.

Existen otros enfoques disciplinarios sobre el diagnóstico tecnológico desde el punto de vista social. Shinn (1982) y Callon (1992) tratan sobre grupos sociales relevantes

y flexibilidad interpretativa; Collins (1985) se refiere al marco tecnológico, ensamble socio-técnico y Wiebe (1995) contempla en su estudio las políticas de la investigación científica y tecnológica.

El diagnóstico tecnológico combina dos enfoques necesarios y complementarios: enfoques desde las tecnologías y enfoques desde las empresas. La primera supone que la evolución de la tecnología es independiente de la empresa que las utiliza, y la segunda, trata de conocer cómo se emplea en otras organizaciones similares. (Getec, 2009 citado por Martínez, 2009).

La temática ha sido abordada además por: Sepúlveda (2013); Taboada, et al. (2000), Gómez et al. (2007), otros autores han publicado sobre la temática pero desde el punto de vista social o empresarial: Bernal et al. (2011); Federico (2013).

Sepúlveda (2013), identifica elementos de carácter minero y económico que permiten aportar a la planificación del sector minero e implementa mejoras técnicas y ambientales en proyectos de explotación. Sin embargo a pesar del estudio abarcador que realiza sobre los impactos positivos del sector analizado, no realiza un estudio integral de toda la tecnología utilizada en el propio sector, lo cual daría a la investigación un aporte mucho más novedoso.

Taboada, et al. (2000), determina en qué condiciones una empresa de pizarra que explota mediante minería a cielo abierto debe acometer la transición a minería subterránea y selecciona empresas representativas del sector para realizar el análisis desde el punto de vista económico. El análisis que se realiza desde el punto de vista económico es muy amplio, pero el autor no tuvo en cuenta ninguna metodología a seguir en su diagnóstico, ni tuvo en cuenta toda la tecnología empleada en la cantera.

Bernal et al. (2011), realiza un diagnóstico sobre los impactos contables y financieros de los estándares internacionales de contabilidad en las empresas del sector real y propone una herramienta para modelar y simular el impacto financiero; en su investigación expone además los resultados obtenidos en el proceso de selección de los estándares y mejores prácticas que se recomienda aplicar a las sociedades del sector real.

En este trabajo el autor aborda el análisis tecnológico pero es aplicable solamente a la estructura financiera de una empresa.

Gómez et al. (2007), realiza un diagnóstico tecnológico con el fin de examinar la capacidad tecnológica de todas las áreas de la corporación Cotecmar. Este diagnóstico permitió determinar el estado de desarrollo tecnológico así como las áreas que presentan debilidades o fortalezas tecnológicas dentro de la corporación. Permitió además priorizar inversiones en equipos y capacitaciones al personal involucrado en el manejo y desarrollo de las tecnologías propias de la organización. Aunque no se relacione con la rama de la minería y recoja solamente los aspectos tecnológicos de la corporación, la investigación constituye un gran aporte para la elaboración del presente trabajo debido a que los autores aplican una metodología similar a la que se aplicará en este trabajo.

1.5 Matriz de evaluación de canteras de áridos (mECA)

La mECA, es una herramienta que permite obtener una imagen integral del estado de una explotación de áridos, teniendo en cuenta todos los aspectos que afectan la cantera.

Martínez (2009) elaboró la metodología mECA en la que se analiza el estado tecnológico y se comparan los parámetros característicos de cada explotación con una cantera de referencia (*benchmark*). Esta matriz, cuyo principio es un cuestionario elaborado para las visitas, contempla 15 variables y 200 indicadores que son evaluados para los aspectos: técnico, medioambiental, seguridad y socio-económico.

Este autor considera que en la actualidad no es suficiente realizar un análisis de viabilidad económica a la hora de definir una explotación o proceder a su apertura, se debe tener en cuenta otros componentes de la viabilidad: la tecnología (eficiencia y calidad), el medio ambiente, seguridad y aceptación social y además, existe la necesidad de disponer de una herramienta para la gestión y tratamiento de los datos, en la que se distribuyan por áreas de trabajo los aspectos técnico, medioambiental, en seguridad y socio-económico.

La matriz establecida por Martínez se adapta a toda explotación a cielo abierto y subterráneo, teniendo en cuenta que se analicen y consideren todos los parámetros que deben ser evaluados, sin embargo, para aquellas regiones en las que el nivel tecnológico y su desarrollo no sean óptimos, es prácticamente imposible aplicar la metodología en su totalidad.

La matriz presenta las siguientes ventajas:

- Es una herramienta de fácil utilización.
- Es simple, clara y objetiva.
- Permite comprobar el grado de implantación de las mejores técnicas disponibles, para cada uno de los aspectos evaluados.

Además de su carácter global, se ha diseñado para que se realicen análisis individuales, de los distintos campos que forman la matriz, haciendo posible una planificación, sobre los aspectos críticos y peor evaluados.

En Cuba no es posible utilizar esta metodología de forma integral debido a que el desarrollo tecnológico y minero no permite considerar todos los indicadores y tampoco los rangos establecidos para evaluar algunos de los aspectos; sin embargo, la matriz resulta determinante para establecer un procedimiento que permita evaluar las canteras a partir de las condiciones concretas y particulares del país.

Otros autores como: González (2006); Dubourdieu (2006); Trigueros (2006, 2008); Mota (2007) y Trigueros et al. (2007) han desarrollado modelos de estudio similares, pero refiriéndose únicamente a aspectos parciales.

1.6 Situación actual de la temática en Cuba

El diagnóstico tecnológico de canteras, en un concepto amplio que hasta la actualidad no ha sido aplicada en Cuba.

Los trabajos de investigación han estado relacionados con la evaluación de canteras, fundamentalmente desde el punto de vista medio ambiental. Montes de Oca (2012), García (2013), Guindo (2013), Ahmed (2014), Almenares (2014), Lobaina (2015), Mena (2015) y Pérez (2015) realizan la caracterización minero-ambiental de la industria de materiales de construcción por provincias, así como la identificación de los efectos ambientales negativos generados por la explotación de estas canteras y proponen medidas para desarrollar una minería responsable, sin embargo, no abordan lo referido al diagnóstico tecnológico de forma integral.

Otros autores como: Romero (1998); Gámez, (2013); Noris, (2013); Aguilar, (2014) y Gutiérrez, (2015) han encaminado sus investigaciones hacia el campo medio ambiental.

Romero (1998) realiza un diagnóstico ambiental en forma general de todos los yacimientos de materiales para la construcción de la región oriental; en la investigación el autor no considera las particularidades de cada yacimiento y los caracteriza teniendo en cuenta solamente la ubicación y materia prima que se explota, descartando la geología, clima, topografía, hidrogeología y la descripción del medio biológico.

Hace referencia además a la situación y perspectiva de la industria extractiva de áridos de las provincias orientales, expone los factores que han acelerado la contaminación ambiental e identifica los impactos ambientales.

Gámez, (2013); Noris, (2013); Aguilar, (2014), realizan una caracterización minero-ambiental en las canteras de materiales para la construcción de las provincias de Granma, Guantánamo y Holguín, en la cual analizan la estructura productiva de las canteras y las características geológicas y minero técnicas de cada yacimiento en explotación, identifican además los efectos ambientales que se manifiestan en cada cantera y proponen medidas generales de mitigación para los impactos negativos.

Estos trabajos determinan los efectos ambientales negativos generados por la explotación de cada uno de los yacimientos, pero no se realizó un inventario de las tecnologías empleadas en las canteras así como el estado en que estas se encuentran con vista a obtener un resultado de mayor relevancia.

Gutiérrez, (2015) estudia los efectos sobre el medio ambiente de la explotación del yacimiento de calizas "Pilón", mediante el estudio el autor pudo determinar los efectos medioambientales que causa la explotación del yacimiento Pilón y propuso un plan de medidas de carácter técnico organizativo de modo a facilitar la mitigación de estos impactos.

El autor adecua los procesos mineros ambientales a las condiciones reales del yacimiento y dota a la empresa de materiales para la construcción de la provincia de Holguín de elementos claves para producir mejor, con eficiencia teniendo el conocimiento previo de los efectos sobre el medio ambiente. Sin embargo el autor no hace un análisis completo de las tecnologías de explotación existentes en la cantera lo que haría de la investigación mucho más abarcadora.

Todos los aspectos abordados en el análisis bibliográfico sobre los antecedentes de la temática, resaltan la necesidad de realizar estudios integrales que permitan determinar el nivel técnico y el estado de las tecnologías existentes en la cantera.

En términos generales, en Cuba no se han realizado hasta la actualidad estudios científicamente argumentados que reflejen el desarrollo tecnológico del sector de los áridos, tampoco se registran datos oficiales sobre el crecimiento del sector a nivel nacional y en menor medida se publica la situación de los áridos a nivel provincial solo desde el punto de vista de la construcción de viviendas.

Se puede afirmar que la situación tecnológica de las canteras en Cuba ha transitado por un periodo de crisis a partir de la década de los 90 y ello se evidencia en el incumplimiento de los planes de producción y el deficiente desarrollo minero y en gran medida se realiza la minería selectiva a causa de la falta de equipamiento.

1.7 Fundamento legal de la investigación

La base legal de la investigación se sustenta en la Ley 76 de Minas, aprobada el 21 de diciembre de 1994, que constituye el instrumento jurídico más importante en cuanto a la gestión de los recursos minerales, y especifica en la segunda sección, en el artículo 41 inciso c) "...hay que preservar adecuadamente el medio ambiente y las condiciones ecológicas del área, elaborando estudios de impacto ambiental y planes para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar dicho impacto derivado de sus actividades...", mientras que en el inciso n) plantea: "...hay que realizar investigaciones técnico-productivas e introducir innovaciones tecnológicas relacionadas con la actividad minera, para mejorar la eficiencia económica y el aprovechamiento de los recursos minerales...".

Otra de las leyes que sustentan la presente investigación es la Ley 81 de Medio Ambiente promulgada el 11 de julio de 1997, refleja el reconocido esfuerzo del estado, respecto a la protección del medio ambiente, en el marco de una política de desarrollo consagrada a lo largo de cuatro décadas de transformaciones revolucionarias, tanto políticas como socioeconómicas, en estrecha correspondencia con el artículo 27 de la Constitución de la República, al establecer que: "el estado protege el medio ambiente y los recursos naturales del país, reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras".

En el artículo 28 inciso e), de la mencionada Ley del Medio Ambiente, queda establecido que la minería se encuentra dentro de las actividades sujetas al proceso de evaluación de impacto ambiental. El proceso de evaluación de impacto ambiental en las actividades de la minería requerirá en casi todos los casos de un estudio de impacto ambiental, para proceder con el otorgamiento de la licencia ambiental.

En el artículo 57 inciso b) recoge que "...hay que impulsar y promover la investigación científica y la innovación tecnológica, que permitan el conocimiento y desarrollo de nuevos sistemas, métodos, equipos, procesos, tecnologías y dispositivos para la protección del medio ambiente, así como la adecuada evaluación de procesos de transferencia tecnológica y el inciso d) hace referencia a la aplicación de mejoras tecnológicas que permitan prevenir, evaluar, controlar y revertir el deterioro ambiental...".

Esta investigación además se sustenta en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución aprobados en VI Congreso del Partido. En consecuencia, se citan los lineamientos:

132. Perfeccionar las condiciones organizativas, jurídicas e institucionales para establecer tipos de organización económica que garanticen la combinación de investigación científica e innovación tecnológica, desarrollo rápido y eficaz de nuevos productos y servicios, su producción eficiente con estándares de calidad apropiados y la gestión comercializadora interna y exportadora, que se revierta en un aporte a la sociedad y en estimular la reproducción del ciclo. Extender estos conceptos a la actividad científica de las universidades.

134. Las entidades económicas en todas las formas de gestión contarán con el marco regulatorio que propicie la introducción sistemática y acelerada de los resultados de la ciencia, la innovación y la tecnología en los procesos productivos y de servicios, teniendo en cuenta las normas de responsabilidad social y medioambiental establecidas.

135. Definir una política tecnológica que contribuya a reorientar el desarrollo industrial, y que comprenda el control de las tecnologías existentes en el país; a fin de promover su modernización sistemática atendiendo a la eficiencia energética, eficacia productiva e impacto ambiental, y que contribuya a elevar la soberanía tecnológica en ramas estratégicas. Considerar al importar tecnologías, la capacidad del país para asimilarlas

y satisfacer los servicios que demanden, incluida la fabricación de piezas de repuesto, el aseguramiento metrológico y la normalización.

138. Prestar mayor atención en la formación y capacitación continuas del personal técnico y cuadros calificados que respondan y se anticipen al desarrollo científico-tecnológico en las principales áreas de la producción y los servicios, así como a la prevención y mitigación de impactos sociales y medioambientales.

218. Prestar atención prioritaria al impacto ambiental asociado al desarrollo industrial existente y proyectado, en particular, en las ramas de la química; la industria del petróleo y la petroquímica; la minería, en especial el níquel; el cemento y otros materiales de construcción; así como en los territorios más afectados; incluyendo el fortalecimiento de los sistemas de control y monitoreo.

233. Recuperar e incrementar la producción de materiales para la construcción que aseguren los programas inversionistas priorizados del país (turismo, viviendas, industriales, entre otros), la expansión de las exportaciones y la venta a la población. Desarrollar producciones con mayor valor agregado y calidad. Lograr incrementos significativos en los niveles y diversidad de las producciones locales de materiales de construcción y divulgar sus normas de empleo.

CAPÍTULO II CARACTERÍSTICAS DE LA MATRIZ DE EVALUACIÓN DE LA CANTERA DE ÁRIDOS

En este capítulo se describe la matriz (mECA) en función de las variables que son tenidas en cuenta para evaluar de forma integral la calidad de la producción de áridos y disminuir el impacto ambiental

2.1 Selección de las variables e indicadores que componen la mECA

De la valoración realizada por los especialistas entrevistados pertenecientes a las empresas de materiales de construcción de las provincias Holguín y Guantánamo, se escogieron las variables y sus indicadores, los que se relacionan de acuerdo al nivel de importancia y aplicación indicado por los mismos:

1. Frente de cantera

- altura total del frente.
- altura de los bancos.
- sistema de explotación.
- nivel de rehabilitación.
- impacto visual.

2. Límites de la explotación

- debe disponer de vallado externo de la explotación.
- de pantallas vegetales o cordones de tierra perimetrales.
- de captadores de polvo perimetrales.
- señalización adecuada de las instalaciones que indiquen el tipo de actividad.

3. Estabilidad del frente

- elementos referidos a fracturación del frente en caso de existir.

4. Estado de las plataformas

- anchura de trabajo (según normativas) y limpieza.

5. Estado de los caminos

- ancho de las pistas y pendientes (según normativas) así como sistemas de señalización en cantera y asfaltado de las pistas y accesos.

6. Perforación

- los equipos deben cumplir con la normativa vigente.
- existencia de pantallas acústicas.
- estudios de niveles de ruido y sistemas de eliminación de ruido.

- tipo de martillo.
- diámetro de perforación.

7. Voladura

- sistema de iniciación utilizado.
- consumo específico.
- tipo de explosivo.
- fragmentación adecuada.
- generación de polvo.
- proyecciones.
- cordón detonante.
- estudio de vibraciones.

8. Carga y transporte

- el sistema de carga y transporte debe ser adecuado así como el acoplamiento del mismo.
- los equipos de transporte deben presentar sistemas para reducir o eliminar el ruido en la carga y cubrir la misma desde el frente de cantera hasta la planta.
- distancia del frente a la tolva del primario (según normativa).
- control del consumo de petróleo.
- disponer de sistemas de control de los consumos, los equipos deben cumplir normativa vigente.
- circulación a través de asentamiento población.

9. Planta de tratamiento

- debe contar con el esquema de la planta.
- los almacenes deben encontrarse próximos a la tolva del primario.
- acoplamiento primario secundario.
- sistemas de apantallamiento natural.
- contar con la señalización adecuada de las instalaciones de manera general deben cumplir con la normativa vigente.
- disponer de sistemas de control de la producción.
- grado de automatización, así como, cierre de la tolva de alimentación de la trituradora.
- la tolva de alimentación dispone de forros u otro sistema de eliminación de los niveles sonoros y de sistemas de eliminación de polvo además.

- debe disponer de barrera no franqueable y sistemas de amortiguación de rocas.
- disponer de caseta de control de operaciones del primario.
- los operarios deben disponer de medios audiovisuales para controlar la descarga y medios para controlar el funcionamiento de los trituradores.

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es:

- que la caseta cumpla con las condiciones de seguridad e higiene en el trabajo.
- que las cintas transportadoras dispongan de detectores de metales y sistemas de control de producción, así como que dispongan de sistemas de seguridad antiatrapamiento.
- protección de las correas de los motores y de los tambores.
- escalerillas de acceso y pasarela de vista, que los tambores de cola estén a una altura adecuada.
- los equipos de trituración, molienda y clasificación dispongan de cierre.
- contar con caseta de control de operaciones en la zona de clasificación.
- disponer de medios audiovisuales para controlar la descarga.

La planta debe disponer además de:

- control remoto para el funcionamiento de los molinos.
- que la caseta cumpla con las condiciones de seguridad e higiene del trabajo.
- sistemas que reduzcan o eliminen el ruido y el polvo en la alimentación y descarga de los equipos de trituración.
- cierre de los almacenes y protecciones contra el viento.
- altura de caída adecuada.
- que la carga del material de los almacenes se realice por cinta transportadora.
- disponer de circuito exclusivo para lavado de ruedas y de la carga de camiones.
- situación de la planta con respecto a la orografía del terreno.
- señalización adecuada de las instalaciones.
- nivel de mantenimiento de la instalación.
- sistemas de alimentación eléctrica.

- potencia disponible.
- factor de coincidencia.
- arrancador de frecuencia.
- instalación de condensadores y un registro de consumo eléctrico.
- sala de cuadros eléctricos.
- canalizaciones eléctricas y llevar su control.

La instalación debe contar con:

- un taller automotor y controlar el vertido de combustibles y aceites y consumo de petróleo.
- debe existir un plan de gestión de residuos asimilables a urbanos.
- autorización de productor de residuos peligrosos y disponer de surtidor propio.

En relación al consumo de agua para el lavado de los áridos se debe:

- tener conocimiento del gasto aproximado.
- riegos de pistas al día.
- sistema de eliminación de polvo en los caminos.
- disponer de sala comedor para los trabajadores.
- disponer de sala de aseo según normativa de seguridad e higiene en el trabajo.
- la instalación debe disponer de laboratorios para medir la granulometría de la materia prima obtenida.

10. Empleo

- número medio de empleo directo (%).
- número medio de empleo indirecto (%).
- número de turno.
- índice de ausentismo.

11. Accidentes

- número de horas perdidas como resultado de los accidentes.
- número de accidentes mortales.
- índice de incidencia.
- número de accidentes (Mt).

12. Formación

- horas de especialización.
- horas de formación en seguridad y salud.
- horas de formación.

13. Transporte

- distancia media de transporte desde el punto de extracción hasta los puntos de consumo por carretera.

14. Incidentes medio ambientales

- número de incidentes medio ambientales.
- existencia de técnicos de minas en cantera.

2.2 Descripción de la mECA para la cantera La Inagua

Sobre la base de la mECA elaborada por Martínez, 2009, se confeccionó la matriz para el caso de estudio.

En el aspecto técnico se utilizan los datos sobre maquinaria, las variables de voladura y la geometría de la explotación, procediendo a la toma de datos de:

- Las fragmentaciones resultantes de las voladuras, incidiendo sobre la proporción de piedras sobre medidas.
- Los ciclos de trabajo de la maquinaria móvil, según la disposición de las diferentes zonas de cantera y planta.
- Las capacidades de producción que permiten los equipos de carga y transporte de que se dispone.
- Los consumos energéticos y el costo por metro cúbico del procesamiento de la materia prima.

En el aspecto medioambiental y de seguridad los datos se toman de los informes de la cantera y se comprueba la existencia, o no, de medidas encaminadas a eliminar o reducir los impactos ambientales, como; ruido, polvo, impacto visual, la correcta gestión del agua y los peligros en zonas de presencia de trabajadores, así como, su señalización.

En el aspecto socio-económico se analiza el número medio de empleos directos e indirectos, así como, una valoración positiva de los impactos y los índices técnicos que se miden en la cantera.

2.3 Descripción del procedimiento para la aplicación de la mECA

Para aplicar el diagnóstico tecnológico en la cantera se realiza la valoración de la mECA, se tomó como muestra la variable **Carga y transporte** y contiene los siguientes indicadores a evaluar: Acoplamiento carga y transporte, Consumo de petróleo (l/m³), Sistemas de control de la carga, Sistemas de control de los consumos, Equipos cumplen normativa vigente, Sistemas de apantallamiento natural, Los equipos de transporte presentan sistemas para reducir o eliminar el ruido en la carga, Se cubre la carga en la cantera, Se circula a través de alguna población (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Aspecto técnico de la Matriz para la variable Carga y transporte

Variable e indicadores	Aspecto técnico				
	c	v(0-5)	i (%)	p	Valor
Carga y transporte					
Sistema de carga y transporte					
Sistema de carga es el adecuado					
Sistema de transporte es el adecuado					
Distancia del frente a la tolva del primario (m)					
Acoplamiento carga y transporte					
Consumo de petróleo (l/m ³)					
Dispone de sistemas de control de la carga					
Dispone de sistemas de control de los consumos					
Equipos cumplen normativa vigente					
Sistemas de apantallamiento natural					
Los equipos de transporte presentan sistemas para reducir o eliminar el ruido en la carga					VMCe
Se cubre de la carga en la cantera					VCe
Se circula a través de alguna población					PCe

Se asume como variables los elementos del sistema de una explotación de áridos susceptibles de evaluación técnica, medioambiental, en seguridad y socioeconómica.

En el aspecto Valoración técnica, la subcolumna (c) corresponde a los datos obtenidos en el campo, referido a cada variable. La subcolumna (v) es la valoración y se confiere valores entre 0 y 5, quedando sin valor los que no tienen influencia. La importancia de las variables dentro del conjunto global de los aspectos, se identifica

con la letra (i), la cual se evalúa entre el 10-100 %, valorando de 0% los indicadores que no son tenidos en cuenta.

La puntuación final corresponde a la subcolumna (p), y se obtiene al multiplicar el valor de (v) por la importancia (i). En la última subcolumna aparecen tres celdas, con la palabra “valores”, las que se sitúan desde la celda inferior al superior:

- Valor máximo del campo (VMCe): se obtiene de la suma de la subcolumna (v).
- Valor obtenido del campo (VCe): se obtiene al sumar los valores de la subcolumna (p).
- Porcentaje (PCe): se obtiene del porcentaje de lo obtenido entre la división de VCe y VMCe.

De esta manera se obtiene el primer resultado parcial para el aspecto técnico de Carga y transporte. Los aspectos medio ambiental y socio-económico siguen la misma secuencia que el anterior.

Para terminar el análisis, se suman los valores de la evaluación de los tres aspectos analizados, integrándolos en uno solo, donde se indica la situación de cada variable evaluada (Tabla 2.2).

- Valor máximo del campo (**VMC**): se consideran todos los criterios de evaluación. Se suman todos los VMCe en horizontal.
- Valor obtenido del campo (**VC**): es la suma de los valores obtenidos en todas las valoraciones VCe en la horizontal.
- Relación porcentual entre lo obtenido y lo máximo (**PC**): es el resultado de dividir VC por VMC.

Para obtener criterios sobre la ponderación y minimizar el margen de error debido a la influencia del factor humano se utilizan las técnicas de evaluación multicriterio (EMC), que se basa en la ponderación y compensación de las variables que influyen sobre la actividad objeto de decisión, los cuales deben ser inventariados y clasificados previamente (Gómez y Barredo, 2005).

Al mismo tiempo, la utilización del criterio de los especialistas entrevistados otorga cada valor según la importancia o nivel de significación que tenga para el estudio, con el objetivo de mantener una misma escala de información, todos los pesos asignados a los aspectos que integran las variables se consideran entre los valores de 10 y 30 (escala que se toma de forma racional, de acuerdo a los intereses del investigador), otorgándose el menor o mayor valor en dependencia de la importancia o nivel de significación que tenga.

El valor ponderado ofrecido por los especialistas en cada uno de los aspectos evaluados en función del análisis de cada indicador se muestra en la figura 2.1, la misma representa la importancia de los aspectos de evaluación.



Figura 2.1 Importancia de los aspectos de evaluación a partir del análisis de la matriz (mECA).

Para completar la asignación final de todo el estudio, se utiliza de nuevo el valor de asignación de pesos ponderados (segunda columna, tabla 2.4) que hace referencia a la importancia que, para el evaluador, van a tener los aspectos analizados.

El índice específico (tercera columna, tabla 2.4) hace referencia a los valores obtenidos en la mECA una vez que se ha realizado el análisis de recorrido vertical para cada uno de los aspectos. El índice global (cuarta columna, tabla 2.4) es el resultado de multiplicar la importancia de cada ponderador por el índice específico. Y por último, se obtendrá un valor como suma de todos los índices globales, representando el valor cuantitativo entre 0 y 100 % y al que se le denomina Índice mECA. El 100 % corresponde a una explotación que cumple con todos los criterios técnicos, medioambientales, de seguridad y socioeconómicos.

Se establecieron los rangos que obtuvieron la calificación de Excelente, Muy Bien, Bien, Regular y Mala para evaluar el estado de la cantera.

- 91% -100% (Excelente).
- 70% - 90% (Muy Bien).
- 50% - 69% (Bien).
- 21% - 49% (Regular).
- 0% - 20% (Mala).

Tabla 2.4. Resultados del índice mECA

Aspectos	Ponderadores	Índices específicos	Índices globales	
Técnico				
Medioambiental-seguridad				Índice mECA %
Socioeconómico				

La secuencia que se ha seguido hasta obtener los resultados globales (índice mECA) ubicará la cantera analizada como una explotación que utiliza todos los medios conocidos para eliminar riesgos laborales y que además emplea técnicas apropiadas para mitigar los impactos medioambientales. Desde el punto de vista técnico el resultado obtenido debe conducir a la evaluación de la cantera relacionado con la existencia de métodos adecuados de explotación, consumos, en función de las normas generales y un adecuado uso de la energía.

De manera general, la matriz diseñada se considera una excelente herramienta de análisis, que aporta un mecanismo de evaluación sencillo para la administración a la hora de evaluar las canteras, definiendo el estado de las mismas, y por último, para los procesos de auditorías, que necesitan disponer de criterios que ya están incorporados en el propio soporte de sus evaluaciones y además propone una ficha en la que se recojan los datos generales de la cantera (Anexo 1).

CAPÍTULO III DIAGNÓSTICO TECNOLÓGICO DE LA CANTERA LA INAGUA

El objetivo del presente capítulo es realizar el diagnóstico de la cantera La Inagua a través de la mECA.

3.1 Caracterización general de la cantera La Inagua

Ubicación geográfica

El yacimiento La Inagua está situado en el municipio de Niceto Pérez, provincia de Guantánamo (Figura 3.1), en el flanco sur de la Sierra Canasta, a 2 km al norte de la carretera Santiago-Guantánamo y a unos 7 km de la ciudad de Guantánamo.

Las coordenadas geográficas de la parte central del yacimiento son las siguientes:

- 20° 08' 30'' de latitud norte
- 75° 17' 30'' de longitud oeste

Según Lambert:

- X= 659600 – 661200 m
- Y= 165500 – 166500 m



Figura 3.1. Ubicación geográfica del yacimiento de materiales de construcción “La Inagua”.

Relieve

El relieve de la región es relativamente plano (valles de Guantánamo) con presencia de llanuras marinas antiguas, con elaboración fluvial, por lo que se encuentra relativamente diseccionado. Se observan sistemas de colinas de bordes de pendientes, en lo general suaves y aislados. Las cotas predominantes oscilan entre 40–80 m, con cotas máximas de 439 m al noreste del yacimiento.

Vías de comunicación

La principal vía de comunicación la constituye la carretera Santiago- Guantánamo, la red de carreteras y caminos para la zona del yacimiento es buena.

Geología del yacimiento

En el yacimiento de calizas La Inagua, donde se ubica la cantera Miguel Raposo (Figura 3.2), aparecen formaciones vulcanógenas de edad Paleoceno-Eoceno Medio, representadas por el grupo El Cobre, sobreyacido por calizas de la formación Charco Redondo y San Luis, del Eoceno Medio (Iturralde-Vinent, 1996).

Las calizas se caracterizan por ser masivas y compactas, de color muy variable, llegando a tener varios tonos (blanco, beige, pardo amarillento, amarillo rosáceo, rojo amarillento); también aparecen arcillas de poca potencia rellenando oquedades o cubriendo las calizas en la superficie de algunas zonas (Das Neves, 2001).

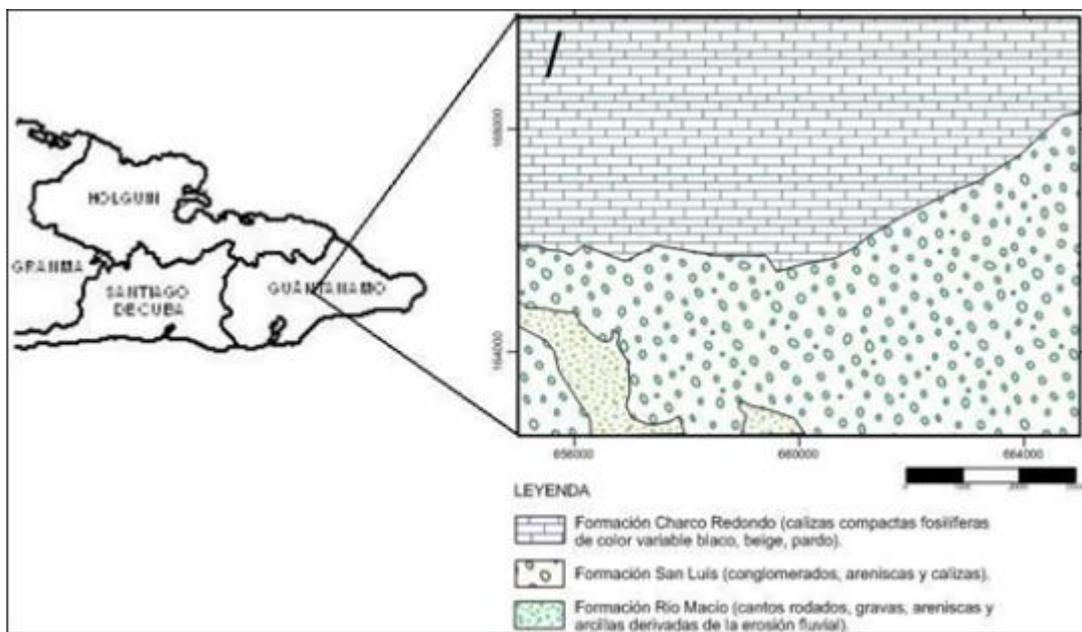


Figura 3.2. Geología del yacimiento de materiales de construcción “La Inagua”.

Características tecnológicas

Para el yacimiento se obtuvieron los siguientes resultados de los análisis físicos mecánicos.

PROPIEDADES	UNIDAD	V. MÍNIMO	V. MÁXIMO	V. PROMED
Peso Volumétrico Seco	G/Cm ³	2,53	2,71	2,65
Peso Volumétrico Saturado	G/Cm ³	2,55	2,73	2,66
Absorción	%	0,04	3,98	0,99
Abrasión al cilindro	Marca	400	1200	800
Dureza	Esc.Perf.	IV	XII	V
Peso Específico Corriente	G/Cm ³	2,64	2,66	2,65
Porosidad	%	2,7	3,3	3,2

Elementos generales del laboreo minero

Considerando los factores técnicos y organizativos y las condiciones minero técnicas, en la explotación del yacimiento La Inagua seguirá en lo sucesivo el esquema tecnológico de transporte para la ejecución de los trabajos mineros con el acarreo de la roca de estéril hacia las escombreras, el material útil hacia las tolvas receptoras o almacén de mineral. Todas las rocas se extraen con la granulometría obtenida durante los trabajos de voladura.

El sistema de explotación que se emplea en el yacimiento objeto de estudio es continuo longitudinal y la altura total aproximada de los frentes es de 36 m.

Los elementos fundamentales del sistema de explotación son:

Altura del escalón...18 m

Talud del escalón en su estado de trabajo..... 80°

Talud del escalón en su estado final.75°

Ancho de la berma de seguridad..... hasta 5 m

Al consultar varios especialistas de la empresa de materiales de la construcción, sobre el nivel de tecnología empleado en sus equipos y procesos, el 100 % considera estar operando con tecnología media. Es significativo resaltar que, los sistemas de producción de este tipo de agregados no han variado en los últimos 40 años, las

mejoras e innovaciones incluidas en los nuevos equipos de trituración básicamente, son para mejorar la seguridad de los operarios y facilitar su mantenimiento, pero el principio de molienda y las partes móviles de los equipos siguen siendo iguales.

3.2 Selección de las variables y los indicadores que componen la mECA

Para la selección de las variables y los indicadores que componen la mECA se consultaron especialistas que provienen de centros vinculados con la investigación, la docencia, la producción y los servicios (Empresa de Servicios Minero Geológico de Ciudad de la Habana; Empresa de Materiales de la Construcción de Holguín y Guantánamo; el Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa y Centro Técnico de Materiales de Construcción).

A partir de la valoración realizada por los especialistas, se escogieron las variables e indicadores, de acuerdo al nivel de importancia y aplicación indicado por los mismos:

- 1. Frente de cantera:** altura total del frente; altura de los bancos; sistema de explotación; nivel de rehabilitación e impacto visual.
- 2. Límites de la explotación:** debe disponer de vallado externo de la explotación, de pantallas vegetales o cordones de tierra perimetrales, de captadores de polvo perimetrales y señalización adecuada de las instalaciones que indiquen el tipo de actividad.
- 3. Estabilidad del frente:** elementos referidos a fracturación del frente en caso de existir.
- 4. Estado de las plataformas:** anchura de trabajo (según normativas) y limpieza.
- 5. Estado de los caminos:** ancho de las pistas y pendientes (según normativas) así como sistemas de señalización en cantera y asfaltado de las pistas y accesos.
- 6. Perforación:** los equipos deben cumplir con la normativa vigente; existencia de pantallas acústicas, estudios de niveles de ruido y sistemas de eliminación de ruido; tipo de martillo; diámetro de perforación.

7. **Voladura:** sistema de iniciación utilizado; consumo específico; tipo de explosivo; fragmentación adecuada; generación de polvo; proyecciones, cordón detonante y estudio de vibraciones.
8. **Carga y transporte:** el sistema de carga y transporte debe ser adecuado así como el acoplamiento del mismo, los equipos de transporte deben presentar sistemas para reducir o eliminar el ruido en la carga y cubrir la misma desde el frente de cantera hasta la planta; distancia del frente a la tolva del primario (según normativa), control del consumo de petróleo, disponer de sistemas de control de los consumos, los equipos deben cumplir normativa vigente, existencia de sistemas de apantallamiento natural; circulación a través de asentamiento población.
9. **Planta de tratamiento:** debe contar con el esquema de la planta; los almacenes deben encontrarse próximos a la tolva del primario; acoplamiento primario secundario, sistemas de apantallamiento natural, contar con la señalización adecuada de las instalaciones de manera general deben cumplir con la normativa vigente, disponer de sistemas de control de la producción, grado de automatización, así como, cierre de la tolva de alimentación de la trituradora; la tolva de alimentación dispone de forros u otro sistema de eliminación de los niveles sonoros y de sistemas de eliminación de polvo además debe disponer de barrera no franqueable y sistemas de amortiguación de rocas; dispone de caseta de control de operaciones del primario, los operarios deben disponer de medios audiovisuales para controlar la descarga y medios para controlar el funcionamiento de los trituradores.

Otro aspecto que se debe tener en cuenta es que la caseta cumpla con las condiciones de seguridad e higiene en el trabajo; que las cintas transportadoras dispongan de detectores de metales y sistemas de control de producción, así como que dispongan de sistemas de seguridad blindaje, protección de las correas de los motores y de los tambores, escalerillas de acceso y pasarela de vista, que los tambores de cola estén a una altura adecuada, los equipos de trituración, molienda y clasificación dispongan de cierre; contar con caseta de control de operaciones en la zona de clasificación; disponer de medios audiovisuales para controlar la descarga.

La planta debe disponer además de control remoto para el funcionamiento de los molinos; que la caseta cumpla con las condiciones de seguridad e higiene del trabajo; sistemas que reduzcan o eliminen el ruido y el polvo en la alimentación y descarga de los equipos de trituración; cierre de los almacenes y protecciones contra el viento; altura de caída adecuada; que la carga del material de los almacén se realice por cinta transportadora; disponer de circuito exclusivo para lavado de ruedas y de la carga de camiones; situación de la planta con respecto a la orografía del terreno; señalización adecuada de las instalaciones; nivel de mantenimiento de la instalación.

Se debe contar con sistemas de alimentación eléctrica, potencia disponible, factor de coincidencia, arrancador de frecuencia, instalación de condensadores y un registro de consumo eléctrico; así como sala de cuadros eléctricos, canalizaciones eléctricas y llevar su control.

La instalación debe contar con un taller automotor y controlar el vertido de combustibles y aceites y consumo de petróleo; debe existir un plan de gestión de residuos asimilables a urbanos, autorización de productor de residuos peligrosos y disponer de surtidor propio.

En relación al consumo de agua para el lavado de los áridos se debe tener conocimiento del gasto aproximado; riegos de pistas al día; sistema de eliminación de polvo en los caminos; dispone de sala comedor para los trabajadores; dispone de sala de aseo según normativa de seguridad e higiene en el trabajo; la instalación debe disponer de laboratorios para medir la granulometría de la materia prima obtenida.

Los sistemas de gestión medioambiental, de gestión de la calidad y gestión de la seguridad, deben estar avalados por las normas ISO; así como, la subcontratación de la perforación y voladura; subcontratación de la carga y transporte.

10. Empleo: número medio de empleo directo (%), número medio de empleo indirecto (%), número de turno, índice de ausentismo.

11. Accidentes: número de horas perdidas como resultado de los accidentes, número de accidentes mortales; índice de incidencia y número de accidentes por miles de toneladas (Mt) producidas.

12. Formación: horas de especialización, horas de formación en seguridad y salud, horas de formación.

13. Transporte: distancia media de transporte desde el punto de extracción hasta los puntos de consumo por carretera.

14. Incidentes medio ambientales: número de incidentes medio ambientales, técnico de minas en cantera.

Del resultado obtenido de la valoración realizada por los especialistas entrevistados, se seleccionaron 14 variables y 132 indicadores que resultan de la metodología propuesta por Martínez (2009) y que conforman la matriz como herramienta del diagnóstico tecnológico, de acuerdo al nivel de importancia y aplicación sugeridas por los mismos.

3.3 Aplicación de la mECA en la cantera La Inagua

La cantera objeto de estudio cuenta con máquinas de extracción, carga y transporte, así como planta de tratamiento, cada uno con los datos necesarios reflejados en los catálogos obtenidos en la empresa donde se describen los modelos y marcas de los equipos y su capacidad.

El parque de máquinas está constituido por equipos que realizan las distintas etapas de la actividad minera que se describen a continuación (Tabla 3.1 y 3.2)

Tabla 3.1. Equipos utilizados en la cantera

Descripción	Marca	Capacidad	Modelo	Cantidad
Desbroce y acarreo	Komatsu	----	Ty-220	1
Carga	Graner	4.2m ³	liu-gong	1
Equipo de transporte	Belaz	20m ³	7540-b	1
	KpA3	8m ³	256	2

Como se puede observar, en la cantera se trabaja con equipos mineros y de transporte que operan con motores de combustión interna y se cuenta además con un taller de mantenimiento automotor e industrial, que brinda servicios de mantenimiento y reparaciones ligeras, tanto a los equipos móviles como fijos. El nivel de mantenimiento de los equipos es regular.

La planta de tratamiento y clasificación cuenta con tres etapas de reducción de tamaño de la materia prima y se obtienen seis tipos de productos:

- Macadán de más de 38 mm;
- Graba para hormigón de 38-19 mm;
- Gravilla de 19-10 mm;
- Granito de 10-5 mm;
- Arena artificial 5-0,15 mm y
- Polvo de piedra.

Tabla 3.2. Equipos de la planta de tratamiento

Equipo	Origen	Modelo	Cantidad
Trituradora de mandíbula	Chino	MSN -1070	1
Alimentador Vibratorio	Ruso	VFG - 4216	1
Triturador de martillo	Chimo	PF1210	2
Cribas vibratorias	Italiano	CVN- 300	1
	Chino	CVN – 600	1
Hidrociclón	-----	EV – 33	1

3.4 Descripción de los aspectos evaluados en la cantera La Inagua

3.4.1 Aspecto técnico

El sistema de explotación que se emplea el yacimiento La Inagua es continuo longitudinal y la altura total aproximada de los frentes es de 36 m (figura 3.2).



Figura 3.2. Sistema de explotación por continuo longitudinal de la cantera La Inagua.

El método de arranque que se emplea es perforación y voladura, debido a la dureza de la roca. Las fragmentaciones resultantes que se obtienen de las voladuras se encuentran alrededor de 14 %, siendo lo establecido hasta un 10 %.

El material se extrae con la granulometría primaria obtenida de los trabajos de voladura que se realiza a través de servicios contratados a EXPLOMAT, utilizando carretilla barrenadora Atlas Copco - 404 - A con diámetro de broca igual a 115 mm.

Los parámetros de la voladura son los siguientes:

- El consumo específico de explosivos es de 0,49 Kg/m³.
- Se utiliza como promedio 50 taladros por cada voladura, se perforan con una inclinación de 75° y la red de barrenación es de 4,5 x 2 = 9 m².
- La sustancia explosiva que se utiliza en la carga es Fortel™ Tempus™, Amex™, Senatel™ Magnafrac™.
- El sistema de iniciación utilizado es un detonador eléctrico, conectado al sistema nonel.

El desbroce y acarreo de las rocas voladas se realiza mediante el trabajo con Buldócer Komatsu, para la carga de la roca tanto de estéril como de mineral se utiliza un Cargador Liu-gong con 4,2 m³ de capacidad en el cubo, mientras que la transportación se realiza con camiones Belaz y KpA3 (Anexo 2).

La distancia entre el frente de cantera y la planta de procesamiento es de 1200 m, y guarda estrecha relación con el consumo de combustible de los equipos que es de 0,25 l/m³, con un turno de trabajo de 8 horas.

La planta de tratamiento en su primera etapa utiliza un triturador de mandíbula, en la segunda y tercera etapa se emplean trituradores de martillo y cuenta además con una etapa de clasificación. En el proceso de cribado en la primera etapa se utiliza una criba de barrote que separa el estéril del rajón, en la segunda y tercera etapa el proceso se realiza con cribas vibratorias (Figura 3.3).



Figura 3.3. Planta de tratamiento y clasificación de áridos

El consumo energético es de 2,59 kW/m³ de piedra y el costo por metro cúbico del procesamiento de la materia prima es 7,80 \$/m³. La planta trabaja en base a 8 horas diarias con periodo de mantenimiento cada 12 días. Relacionado con el abastecimiento de energía eléctrica, la cantera tiene instalado un transformador de 1 000 kV, las líneas de voltajes de operación con que dispone son de 440 V, y se cuenta además con un taller de mantenimiento automotor e industrial, que se brinda servicios de mantenimiento y reparaciones ligeras, tanto a los equipos tecnológicos como los no tecnológicos. El nivel de mantenimiento de los equipos es regular.

3.4.2 Aspecto medioambiental

Las alteraciones ambientales producidas por la extracción y procesamiento de la materia prima en el yacimiento, son similares a las ocasionadas por otro tipo de minería a cielo abierto, aunque en este caso los volúmenes de estériles generados son pequeños y la mayoría son comercializados como material de relleno en diferentes tipos de construcciones.

El impacto visual, el ruido, el polvo y la gestión del agua y residuos, se encuentran entre los impactos ambientales que se tienen en cuenta para el análisis.

Los impactos al paisaje y la morfología se deben a la modificación de las características visuales del paisaje, cambios en la morfología y disminución del atractivo paisajístico. Una de las medidas para la reducción de esta afectación es el plan de rehabilitación una vez que se concluyan las labores mineras.

Los principales impactos a la atmósfera son el ruido y el polvo, en las actividades mineras el incremento en el nivel de ruidos, disminución de la calidad atmosférica por emisiones de gases, polvo y partículas. En síntesis, el impacto sobre los componentes ambientales se manifiesta de forma intensa y abarca todo el medio natural y social. Sus efectos, aunque se enmarcan en el ámbito estudiado, tienen una influencia directa en otras áreas vecinas. Los cambios se manifiestan inmediatamente desde las primeras etapas de explotación. Los impactos más significativos ocurren en el desbroce, destape y extracción.

De forma general los impactos son pertinaces y permanentes, alguno de ellos irreversibles. La magnitud de los mismos exige de un plan de corrección de impacto bien argumentado, que trate por todos los medios de minimizar los impactos negativos y potenciar los positivos.

Como medidas correctivas encaminadas a la reducción de los impactos generados por los equipos se pueden citar:

- Mantenimiento correcto de la maquinaria para lograr el funcionamiento adecuado de estas.
- Cumplimiento con lo establecido en el pasaporte de barrenación y voladura.
- No utilización de cordón detonante lo que conlleva una reducción significativa de la onda aérea.
- Mejoramiento de las vías de acceso dentro del área de la instalación industrial.
- Cumplimiento del régimen de velocidad para los vehículos.

En la planta de procesamiento y clasificación, el análisis gira en torno a las áreas que generan polvo y ruido. Como medidas de seguridad se realizan entregas de medios de protección individual a los operarios.

El agua que se utiliza para el lavado, en la planta de procesamiento, se recircula y se aprovecha nuevamente en el proceso, lo que garantiza un aprovechamiento máximo del agua de hasta el 90 %; es decir, de 75 L que se consumen por cada m³ de áridos procesados se recirculan 67,5 L y se tiene un gasto de 12 000 m³ de agua al mes. El centro cuenta con un sistema de tratamiento de residuales de la planta y recirculación de las aguas eficiente.

En la empresa aunque no se cuenta con un plan de entrega de residuos a CUPET mensualmente, estos se recogen en envases destinados para ello, lo que indica que no existe contaminación al medio en este sentido.

Valoración en seguridad: la empresa de materiales de construcción de Guantánamo no cuenta con proyectos que exponen medidas orientadas a mejorar la gestión en el área de seguridad, salud y medio ambiente en el trabajo, aunque sí se ofrecen conferencias a cada dirigente y trabajador, considerando que la premisa fundamental en una empresa es el hombre, su integridad física, bienestar y el ambiente que le rodea y fundamentada en la instrucción para la preparación de los equipos para su uso y la vinculación de los mismos en la prevención de accidentes y enfermedades. La cantera no registra accidentes, aunque los sistemas de señalización de las vías de circulación dentro de la explotación se pueden evaluar de mal, sin embargo en la planta de procesamiento el estado de sus instalaciones se evalúa de bien. En cuanto a la utilización de medios de protección, los trabajadores no cuentan con todos los necesarios (tapones, mascarillas y espejuelos), a pesar de que todos los años la empresa dispone de presupuesto para la compra de estos y chequeo médico a sus trabajadores.

En el caso de las instalaciones eléctricas se cuenta con protecciones colocadas según las necesidades, aunque algunas están en mal estado.

3.4.3 Aspectos socio-económicos

En términos económicos se puede destacar que la empresa produce anualmente 150 000 m³, cuenta con un total de 44 trabajadores en la cantera, de ellos el 66 % es directo a la producción y el 34 % asignables de manera indirecta.

Una valoración positiva de los impactos está asociada al mejoramiento de la red de transporte y aprovechamiento de los estériles para el desarrollo de obras de infraestructuras de los proyectos comunitarios en los asentamientos cercanos a la explotación.

En la cantera objeto de estudio se llevan a cabo los registros de los índices técnicos medidos, los cuales se muestran en la tabla 3.3.

Tabla 3.3. Índices técnico-económicos de explotación y producción

N°	Índices técnicos	UM	Valor
1	Índice de consumo combustible	L/m ³	0,25
2	Índice de consumo eléctrico	KWh /m ³	2,59
3	Índice de consumo de explosivo	kg/m ³	0,49
4	Número de trabajadores	u	44
5	Costo por metro cúbico	\$/m ³	7,80
6	Valor anual de producción	\$	3 606 856
7	Producción total	m ³ /mes	500
8	Recuperación en planta	%	98
9	Pérdidas	%	2
10	Dilución	%	3
11	Costo de producción	\$	2 445 674
12	Red de barrenación	m ²	4,5 x 2 = 9
13	Altura del escalón	m	18
14	Capacidad anual de planta	m ³ /año	150 000

Los índices técnicos muestran que hay ganancias en más de un millón de pesos, lo cual indica que es una empresa rentable, los niveles de consumo de energía y combustible están dentro del rango permisible. Las distancias medias de transporte desde el punto de extracción hasta los puntos de consumo son variables según las vías de comunicación utilizadas. La cantera cuenta con un ingeniero de minas.

3.5 Cálculo de la mECA para la cantera La Inagua

El cálculo de la mECA se realiza según la secuencia descrita en el capítulo II. Se utilizan los datos ofrecidos por la empresa y obtenidos de la cantera; se analizan cada uno por separado.

Tabla 3.4. Valoración del aspecto técnico de la variable Carga y transporte

Variable e indicadores	Aspecto técnico				
	c	v(0-5)	i (%)	p	Valor
Carga y transporte					
Sistema de carga y transporte	Cam+carg		0	0	
Sistema de carga es el adecuado	Si	5	80	4	
Sistema de transporte es el adecuado	Si	5	80	4	
Distancia del frente a la tolva del primario (m)	1200		0	0	
Acoplamiento carga y transporte	1	5	80	4	
Consumo de petróleo (l/m ³)	1,49	1	40	0,4	
Dispone de sistemas de control de la carga	Si	5	40	2	
Dispone de sistemas de control de los consumos	Si	5	50	2,5	
Equipos cumplen normativa vigente	Si	5	70	3,5	
Sistemas de apantallamiento natural	Si		0	0	
Los equipos de transporte presentan sistemas para reducir o eliminar el ruido en la carga	No		0	0	22
Se cubre de la carga en la cantera	No		0	0	20,4
Se circula a través de alguna población	No		0	0	93 %

En la tabla anterior se muestra la variable Carga y transporte con sus indicadores y en la segunda columna el aspecto técnico con los parámetros a evaluar. En la subcolumna (c) se introducen los datos obtenidos en el campo, para cada uno de los indicadores descritos. A partir de estos datos se obtiene la valoración en el aspecto técnico que varía entre 1 y 5 en la subcolumna (v), anexo 4. Se considera que los indicadores que de mayor incidencia sobre el aspecto técnico evaluado son los que alcanzaron la mayor puntuación, por lo que permite suponer que es favorable para las condiciones de la cantera. Los siete indicadores valorados en la subcolumna (i), tienen una importancia entre 40 y 80 %, dejando en cero los que no tienen influencia.

Una vez realizado todos los cálculos relacionados con el aspecto técnico, se obtiene el primer resultado parcial para la variable Carga y transporte, con un valor de 93 %.

En el recorrido horizontal de la mECA, (Tabla 3.5), el valor final del aspecto medioambiental y de seguridad, de la variable analizada es de 73 %.

Tabla 3.5. Valoración del aspecto medioambiental y de seguridad de la variable Carga y transporte

Variable e indicadores	Aspecto medioambiental y de seguridad				
	c	v(0-5)	i (%)	p	Valor
Carga y transporte					
Sistema de carga y transporte	Cam+carg		0	0	
Sistema de carga es el adecuado	Si	5	20	1	
Sistema de transporte es el adecuado	Si	5	20	1	
Distancia del frente a la tolva del primario (m)	1200		0	0	
Acoplamiento carga y transporte	1		0	0	
Consumo de petróleo (l/m ³)	1,49		0	0	
Dispone de sistemas de control de la carga	Si		0	0	
Dispone de sistemas de control de los consumos	Si		0	0	
Equipos cumplen normativa vigente	Si	5	80	4	
Sistemas de apantallamiento natural	Si	5	70	3,5	
Los equipos de transporte presentan sistemas para reducir o eliminar el ruido en la carga	No	0	50	0	13
Se cubre de la carga en la cantera	No	0	20	0	9,5
Se circula a través de alguna población	No		0	0	73 %

Para terminar el recorrido horizontal de la mECA se muestra el aspecto socioeconómico (Tabla 3.6) en el cual incide solo un indicador de la variable con el máximo valor, dando como resultado final 100 %.

Tabla 3.6. Valoración del aspecto socio-económico de la variable Carga y transporte

Variable e indicadores	Aspecto socioeconómico				
	c	v(0-5)	i (%)	p	Valor
Carga y transporte					
Sistema de carga y transporte	Cam+carg		0	0	
Sistema de carga es el adecuado	Si		0	0	
Sistema de transporte es el adecuado	Si		0	0	
Distancia del frente a la tolva del primario (m)	1200		0	0	
Acoplamiento carga y transporte	1		0	0	
Consumo de petróleo (l/m ³)	1,49		0	0	
Dispone de sistemas de control de la carga	Si		0	0	
Dispone de sistemas de control de los consumos	Si		0	0	
Equipos cumplen normativa vigente	Si		0	0	
Sistemas de apantallamiento natural	Si		0		
Los equipos de transporte presentan sistemas para reducir o eliminar el ruido en la carga	No		0	0	2,5
Se cubre de la carga en la cantera	No		0	0	2,5
Se circula a través de alguna población	No	5	50	2,5	100 %

Tabla 3.7. Valoración final de la variable Carga y transporte en el recorrido horizontal

Variable e indicadores	Aspecto técnico					Aspecto medioambiental y de seguridad				Aspecto socio-económico				
	y	c	v(0-5)	i	p	Valor	v(0-5)	i	p	Valor	v(0-5)	i	p	Valor
Carga y transporte														
						22				13				2,5
						20,4				9,5				2,5
						93%				73%				100%
														86 %

El valor final del recorrido horizontal 86 % en la tabla 3.7, permitió llegar a la conclusión de que, debido a sus características y las condiciones del país, la variable Carga y transporte se encuentra en un buen estado respecto a la mejor situación en una explotación.

El cálculo de las demás variables con sus indicadores sigue la misma secuencia y se presentan en la tabla 3.8.

Tabla 3.8. Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera La Inagua

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS													
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO				
Frente de cantera	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	
Altura total del frente	36	5	60%	3			0%	0			0%	0		
Altura de los bancos	18	3	60%	1,8		5	80%	4			0%	0		
Sistema de explotación	CL	3	50%	1,5	8,5	2	50%	1	15		0%	0	0	23,5
Nivel de rehabilitación	Regular		0%	0	6,3	3	80%	2,4	10,1		0%	0	0	16,4
Impacto visual	Medio		0%	0	74%	3	90%	2,7	67%		0%	0	0%	70%
Límites de la explotación														
Dispone de vallado externo de explotación. Tipo	Si		0%	0		5	30%	1,5			0%	0		
Dispone de pantallas vegetales o cordones de tierra perimetrales	Si		0%	0	0	5	50%	2,5	11,5		0%	0	0	11,5
Dispone de captadores de polvo perimetrales	No		0%	0	0	0	50%	0	9		0%	0	0	9
Señalización adecuada de las instalaciones que indiquen tipo de actividad	Sí		0%	0	0%	5	100%	5	78%		0%	0	0%	78%
Estabilidad del frente														
			0%	0	0		0%	0	3,5		0%	0	0	4,5
			0%	0	0		0%	0	3,5		0%	0	0	4,5
Fracturación del frente	Nulo		0%	0	0%	5	90%	3,5	100%		0%	0	0%	100%

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera La Inagua

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS													
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO				
Estado de las plataformas	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	
			0%	0	3		0%	0	8		0%	0	0	11
Anchura de trabajo (según normativas)	Media	3	50%	1,5	1,8	3	100%	3	4,8		0%	0	0	6,6
Limpieza	Regular	3	10%	0,3	60%	3	60%	1,8	60%		0%	0	0%	60%
Estado de los caminos														
Ancho de las pistas (según normativas)	Media	3	30%	0,9		3	100%	3			0%	0		
Pendientes cumplen (según normativas)	Sí	5	30%	1,5	3,5	5	100%	5	15		0%	0	0	18,5
Sistemas de señalización en cantera	bueno		0%	0	2,1	5	100%	5	13		0%	0	0	15,1
Asfaltado de las pistas y accesos	No	0	20%	0	60%	0	20%	0	87%		0%	0	0%	82%
Perforación														
Los equipos deben cumplir con la normativa vigente	Sí	5	80%	4		5	100%	5			0%	0		
Existe pantallas acústicas	Bajo		0%	0		0	60%	0			0%	0		
Se realizan estudios de niveles de ruido	No		0%	0		0	40%	0			0%	0		
Sistema de eliminación de polvo	No		0%	0		0	100%	0			0%	0		

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera La Inagua

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS													
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO				
	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	
Perforación														
Sistemas de eliminación de ruido	No		0%	0	6,5	0	100%	0	18		0%	0	0	24,5
Tipo de martillo	MN		0%	0	6,5	5	20%	1	6		0%	0	0	12,5
Diámetro de perforación (mm)	115	5	50%	2,5	100%		0%	0	33%		0%	0	0%	51%
Voladura														
Sistema de iniciación utilizado	Det E+ Sistema nonel	5	50%	2,5			0%	0			0%	0		
Consumo específico de explosivo (kg/m³)	0,49	4	60%	2,4			0%	0			0%	0		
Tipo de explosivo	Fort, Am, y Sen		0%	0			0%	0			0%	0		
Fragmentación adecuada	Media	3	90%	2,7			0%	0			0%	0		
Generación de polvo	Media		0%	0		3	100%	3			0%	0		
Proyecciones	No		0%	0	9,5	5	100%	5	18		0%	0	0	27,5
Se utiliza cordón detonante	No		0%	0	7,6	5	100%	5	13		0%	0	0	20,6
Estudio de vibraciones	No		0%	0	80%	0	60%	0	72%		0%	0	0%	75%
Carga y transporte														
Sistema de carga y transporte	Camión+ retro-ex.		0%	0			0%	0			0%	0		
Sistema de carga es el adecuado	Sí	5	80%	4		5	20%	1			0%	0		
Sistema de transporte es el adecuado	Sí	5	80%	4		5	20%	1			0%	0		
Distancia del frente a la tolva del primario (m)	1200		0%	0			0%	0			0%	0		

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera La Inagua

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS													
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO				
	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	
Carga y transporte														
Acoplamiento carga y transporte	1	5	80%	4			0%	0			0%	0		
Consumo de petróleo (l/m³)	1,49	1	40%	0,4			0%	0			0%	0		
Dispone de sistemas de control de la carga	Sí	5	40%	2			0%	0			0%	0		
Dispone de sistemas de control de los consumos	Sí	5	50%	2,5			0%	0			0%	0		
Los equipos cumplen con las normativas vigentes	Sí	5	70%	3,5		5	80%	4			0%	0		
Sistemas de apantallamiento natural	Sí		0%	0		5	70%	3,5			0%	0		
Los equipos de transporte presentan sistemas para reducir o eliminar el ruido en la carga	No		0%	0	22	0	50%	0	13		0%	0	2,5	37,5
Se cubrió de la carga en la cantera	No		0%	0	20,4	0	20%	0	9,5		0%	0	2,5	32,4
Se circula a través de alguna población	No		0%	0	93%		0%	0	73%	5	50%	2,5	100%	86%
Planta de tratamiento														
Esquema de planta	1+1+1		0%				0%	0			0%	0		
Es adecuado el esquema de planta	Sí	5	80%	4			0%	0			0%	0		
Almacén próximo a la tolva del primario	Si	5	20%	1			0%	0			0%	0		

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera La Inagua

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS												
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO			
	c	v (0 - 5)	i	p	valor	v (0 - 5)	i	p	valor	v (0 - 5)	i	p	valor
Planta de tratamiento													
Acoplamiento primario secundario	Diario	0	70%	0			0%	0			0%	0	
Líneas de clasificación	1		0%	0			0%	0			0%	0	
Los equipos cumplen con las normativas vigentes	Sí	5	70%	3,5		5	70%	3,5			0%	0	
Sistemas de apantallamiento natural (% de efectividad)	50		0%	0		3	50%	1,5			0%	0	
Señalización adecuada de las instalaciones (%)	100		0%	0		5	100%	5			0%	0	
Dispones de sistemas de control de la producción (% de los equipos)	100	5	70%	3,5			0%	0			0%	0	
Grado de automatismo (%)	50	3	70%	2,1			0%	0			0%	0	
Cierre de la tolva de alimentación de la trituradora	Sí		0%	0		5	100%	5			0%	0	
La tolva de alimentación dispone de forros u otro sistema de eliminación de los niveles sonoros	No		0%	0		0	100%	0			0%	0	
Dispone de sistemas de eliminación de polvo (aspersores, campanas)	No		0%	0		0	100%	0			0%	0	

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera La Inagua

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS												
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO			
	c	v (0-5)	i	p	valor	v (0-5)	i	p	valor	v (0-5)	i	p	valor
Planta de tratamiento													
La tolva de alimentación dispone de barrera no franqueable	No		0%	0		0	100%	0			0%	0	
La tolva de alimentación dispone de sistema de amortiguación de las rocas	No		0%	0		0	60%	0			0%	0	
Existen fragmentos de material en los accesos	No		0%	0		0	50%	0			0%	0	
Dispone de caseta de control de operaciones del primario	Sí	5	60%	3		5	60%	3			0%	0	
Dispone de medios audiovisuales para controlar la descarga	Sí	5	60%	3		5	70%	3,5			0%	0	
Dispone de medios para controlar el funcionamiento de los trituradores	Sí	5	60%	3		5	60%	3			0%	0	
La caseta cumple con las condiciones de seguridad e higiene en el trabajo	Sí		0%	0		5	100%	5			0%	0	
Las cintas transportadoras disponen de detectores de metales (%)	0	0	10%	0			0%	0			0%	0	

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera La Inagua

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS												
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO			
	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor
Planta de tratamiento													
Las cintas transportadoras disponen de sistemas de control de producción (balanzas %)	0	0	60%	0			0%	0			0%	0	
Las cintas transportadoras se encuentran capotadas (%)	0		0%	0		0	60%	0			0%	0	
Las cintas transportadoras disponen de sistemas de seguridad blindaje (%)	0		0%	0		0	100%	0			0%	0	
Las cintas transportadoras disponen de protección de las correas de los motores (%)	100		0%	0		5	100%	5			0%	0	
Las cintas transportadoras disponen de protección de los tambores (%)	100		0%	0		5	100%	5			0%	0	
Las cintas transportadoras disponen de escalerilla de acceso y pasarela de vista (%)	100		0%	0		5	100%	5			0%	0	
Los tambores de cola están a una altura adecuada (%)	100		0%	0		5	100%	5			0%	0	
Cierre de los equipos de trituración (%)	100		0%	0		5	100%	5			0%	0	

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera La Inagua

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS												
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO			
	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor
Planta de tratamiento													
Cierre de los equipos de molienda (%)	0		0%	0			0%	0			0%	0	
Cierre de los equipos de clasificación (%)	100		0%	0		5	100%	5			0%	0	
Dispone de caseta de control de operaciones en la zona de clasificación	No	0	70%	0		0	100%	0			0%	0	
Dispone de medios audiovisuales para controlar la descarga	No	0	70%	0		0	100%	0			0%	0	
Dispone de control remoto para el funcionamiento de los molinos	No	0	60%	0			0%	0			0%	0	
La caseta cumple con las condiciones de seguridad e higiene en el trabajo	No		0%	0		0	60%	0			0%	0	
Disponen de sistemas que reduzcan o eliminen el ruido en la alimentación y descarga de los equipos de trituración (%)	0		0%	0		0	60%	0			0%	0	

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera La Inagua

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS												
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO			
	c	v (0-5)	i	p	valor	v (0-5)	i	p	valor	v (0-5)	i	p	valor
Planta de tratamiento													
Disponen de sistemas que reduzcan o eliminen el polvo en la alimentación y descarga de los equipos de trituración (%)	0		0%	0		0	70%	0			0%	0	
Confinamiento de los almacenes (%)	0		0%	0		0	60%	0			0%	0	
Los almacenes disponen de protecciones contra el viento (%)	0		0%	0		0	50%	0			0%	0	
La altura de caída es adecuada	Sí		0%	0		5	100%	5			0%	0	
La carga del material de los almacenes se realiza por cinta transportadora (%)	0		0%	0		0	30%	0			0%	0	
Sistemas de lavado de ruedas y de la carga de camiones	No		0%	0		0	20%	0		0	20%	0	
Disponen de circuito exclusivo para lavado de ruedas	No		0%	0		0	20%	0			0%	0	
Situación de la planta con respecto a la orografía del terreno	Inferior		0%	0		5	50%	2,5			0%	0	
Señalización adecuada de las instalaciones (%)	100		0%	0		5	80%	4			0%	0	
Nivel de mantenimiento de la instalación	Regular	3	60%	1,8			0%	0			0%	0	
Sistema de alimentación eléctrica	Red		0%	0			0%	0			0%	0	

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera La Inagua

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS												
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO			
	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor
Planta de tratamiento													
Potencia disponible (kVA)	1 000		0%	0			0%	0			0%	0	
Factor de coincidencia	0,94		0%	0			0%	0			0%	0	
Se dispone de arrancador de frecuencia	Sí	5	50%	2,5			0%	0			0%	0	
Se dispone de instalación de condensadores	Sí	5	50%	2,5			0%	0			0%	0	
Consumo eléctrico (kW/m ³)	2,59	2	50%	1			0%	0			0%	0	
Disponen de sala de cuadros eléctricos	Sí	5	70%	3,5		5	50%	2,5			0%	0	
Estado de la sala de cuadros eléctricos	Malo	0	70%	0		0	70%	0			0%	0	
Estado de las canalizaciones eléctricas	Regular	3	60%	1,8		3	30%	0,9			0%	0	
Disponen de taller	Si	5	70%	3,5		5	60%	3			0%	0	
Estado del taller	Malo	0	60%	0		0	60%	0			0%	0	
Disponen de cubetas para evitar el vertido de combustibles y aceites	Sí	5	10%	0,5		5	80%	4			0%	0	
Consumo de petróleo (l/m ³)	0	5	0%	0			0%	0			0%	0	
Existencia de un plan de gestión de residuos asimilables a urbanos (reducción, recogida)	No		0%	0		0	40%	0			0%	0	

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera La Inagua

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS												
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO			
	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor
Planta de tratamiento													
Autorización de productor de residuos peligrosos	No		0%	0		0	30%	0			0%	0	
Dispone de surtidor propio	No	0	0%	0			0%	0			0%	0	
Consumo de agua para el lavado de los áridos (m ³ /mes)	15 000	1	50%	0,5		1	40%	0,4			0%	0	
Riegos de pistas al día (dependiendo de la zona de ubicación de la cantera)	No adecuado	0	5%	0		0	100%	0			0%	0	
Sistema de eliminación de polvo en los caminos	No		0%	0		0	100%	0			0%	0	
Dispone de sala comedor para los trabajadores	Sí		0%	0		5	100%	5			0%	0	
Dispone de sala de aseo según normativa de seguridad e higiene en el trabajo	No		0%	0		0	80%	0			0%	0	
Dispone de laboratorio en planta	Sí	5	0%	0			0%	0			0%	0	
Dispone de sistemas de gestión medioambiental NC ISO 14015	Sí		0%	0		5	80%	4			0%	0	
Dispone de sistemas de gestión la calidad ISO 9001	Sí		0%	0		5	80%	4			0%	0	

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera La Inagua

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS													
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO				
	c	v (0-5)	i	p	valor	v (0-5)	i	p	valor	v (0-5)	i	p	valor	
Planta de tratamiento														
Dispone de sistemas de gestión de la seguridad OHSAS	Si		0%	0	78,5	5	80%	4	102		0%	0	1	180,5
Subcontratación de la perforación y voladura	Sí	5	90%	4,5	45,2		0%	0	98.8		0%	0	0	144
Subcontratación de la carga y transporte	No	0	50%	0	58%		0%	0	97%		0%	0	0%	80%
Empleo														
Número medio de empleo directo (%)	66		0%	0			0%	0		5	60%	3		
Número medio de empleo indirecto (%)	34		0%	0	2,5		0%	0	0	3	50%	1,5	5,5	8,5
Número de turno	1		0%	0	2,5		0%	0	0		0%	0	4,5	7
Índice de ausentismo	0	5	50%	2,5	100%		0%	0	0%		0%	0	82%	88%
Accidentes														
Número de horas perdidas como resultado de los accidentes (leves y graves)	0	5	50%	2,5			0%	0			0%	0		
Número de accidentes mortales	0		0%	0	5	5	50%	2,5	2,5	5	50%	2,5	6,5	14
Índice de incidencia	0	5	50%	2,5	5		0%	0	2,5	5	50%	2,5	6,5	14
Número de accidentes por Mt	0		0%	0	100%		0%	0	100%	5	30%	1,5	100%	100%

Tabla 3.8. (Continuación). Resultado de la aplicación de la mECA en la cantera La Inagua

VARIABLES - INDICADORES	ASPECTOS													
	TÉCNICO					MEDIOAMBIENTAL Y DE SEGURIDAD				SOCIO-ECONÓMICO				
	c	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	v (0 -5)	i	p	valor	
Formación														
Horas de especialización (%)	50	3	60%	1,8	9	3	50%	1,5	7,5		0%	0	0	16,5
Horas de formación en seguridad y salud (%)	50	3	60%	1,8	5,4	3	60%	1,8	4,5		0%	0	0	9,9
Horas de formación (%)	50	3	60%	1,8	60%	3	40%	1,2	60%		0%	0	0%	60%
Transporte														
			0%	0	0		0%	0	2		0%	0	1,5	3,5
			0%	0	0		0%	0	1,2		0%	0	0,9	2,1
Distancia media de transporte desde el punto de extracción hasta los puntos de consumo por carretera	30km		0%	0	0%	3	40%	2	60%	3	30%	0,9	60%	60%
Incidentes medio ambientales														
			0%	0	4,5		0%	0	7,5		0%	0	3,5	13,5
Número de incidentes medio ambientales	No	5	10%	0,5	4,5	5	80%	4	7,5	5	30%	1,5	3,5	13,5
Técnico de minas a tiempo completo en cantera	Sí	5	70%	3,5	100%	5	70%	3,5	100%	5	40%	2	100%	100%
				106,8				184,4				17,9		

De acuerdo a la revisión bibliográfica los pesos asignados a los aspectos que integran los criterios fueron considerados entre los valores de 10 y 30. Se otorga el menor o mayor valor en dependencia de la importancia o nivel de significación. Los valores escogidos para la ponderación en el caso de estudio están en correspondencia con las condiciones del país, así como con las regulaciones y exigencias medioambientales. Se tomaron para cada aspecto los valores de ponderación que se muestran (figura 3.3).



Figura 3.3. Importancia de los aspectos de evaluación a partir del análisis de la matriz (mECA).

La tabla 3.10 muestra el resultado final (índice mECA) para la cantera evaluada, al utilizar los valores ponderados que se exponen en la figura 3.3 para cada uno de los aspectos evaluados; además se muestran los índices específicos e índices globales obtenidos.

Tabla 3.10. Resultados de la cantera evaluada

Aspectos	Ponderadores	Índices específicos	Índices globales	
Técnico	20%	35%	7%	
Medioambiental-seguridad	60%	59%	35,4%	ÍNDICE mECA
Socioeconómico	20%	6%	1,2%	

El valor del índice mECA, permite aproximarse a la realidad de la situación global de la cantera analizada. Este índice se evalúa entre 0-100 %; el 100 % es aquel que cumple con todos los aspectos. El resultado que se obtuvo para el caso de estudio es de 43,6 % y según los rangos establecidos para la calificación el valor obtenido está por debajo del 50 % que es la media, lo que permite evaluar la cantera objeto de estudio de regular.

Este trabajo tiene como referencia la investigación desarrollada por Martínez (2009) en la región de Murcia, España, en la que se tomó como muestra 50 canteras con distintas características, ninguna obtuvo un índice mECA superior al 80% y la mayor cantidad se localiza entre el 50-20 %. El 19,4 % de todas las canteras calificaron por debajo de 50 %.

CONCLUSIONES

El diagnóstico tecnológico realizado en la cantera de áridos La Inagua se desarrolló a partir de la selección de 14 variables y 132 indicadores de la mECA. En función de estas se hicieron entrevistas a especialistas teniendo en cuenta la realidad objetiva de la cantera.

La matriz aplicada a la cantera La Inagua permitió la obtención de los siguientes resultados:

- En el aspecto técnico el valor es de 35 % el cual permite calificar el estado tecnológico de la cantera de regular.
- Según el aspecto medioambiental y de seguridad, se obtuvo un valor de 59 % fundamentalmente por deficiencia en el empleo de técnicas adecuadas para mitigar los impactos medioambientales e insuficiencia de medios de seguridad individual.
- El resultado en la valoración socioeconómica es de 6 % debido fundamentalmente a la inexistencia de inversiones en la cantera.

El desarrollo de este trabajo permitió evaluar de forma integral su actividad y obtener el valor final del índice mECA (43,6 %) el cual indica que el desempeño de la cantera es regular.

RECOMENDACIONES

- Aplicar la matriz tanto en el sector de los áridos en Cuba, como en cualquier explotación a cielo abierto aportando nuevos indicadores según las características de cada cantera y de cada empresa.
- Continuar esta investigación con la aplicación de la matriz DAFO para determinar las estrategias que permitan a la cantera mejorar su índice mECA.

BIBLIOGRAFÍA

- Acercar cada vez más la producción a la demanda.* [en línea]. [Consultado: 2016-03-05]. Disponible en: <http://www.granma.cu/cuba/2014-06-30/acercar-cada-vez-mas-la-produccion-a-la-demanda>.
- AHMED HASSAN, A. (2014). *Plan de manejo ambiental para las canteras de materiales de construcción de la provincia de Holguín.* MONTES DE OCARISCO, A. (tutor). Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero de Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. 70h.
- ALMENARES AGUILAR, A. (2014). *Caracterización Minero – Ambiental de las Canteras de Materiales de Construcción de la Provincia Granma.* MONTES DE OCARISCO, A. (tutor). Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero de Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. 65h.
- CALLON, M. (1992): The dynamics of tecno-economic networks. En: COOMBS, R.; SAVIOTTI, P. Y WALSH, V. *Technological changes and company strategies: economical and sociological perspectives.* Londres: Harcourt Brace Jovanovich Publishers. pp. 72-102.
- COLLINS, H.M. (1985). *Changing order: replication and induction order in scientific practice.* 2. ed. Chicago: university of Chicago.
- CUBA. (1994). Ley 76. Ley de Minas. La Habana.
- CUBA. (1997). Ley 81. Ley de Medio Ambiente. La Habana.
- Das Neves, M.D. (2001) Proyecto de actualización minero del yacimiento de calizas para Áridos La Inagua (Tesis de Grado). Instituto Superior Metalúrgico. Moa.50p.
- DUBOURDIEU, B. (2006). Indicadores medioambientales: un primer paso hacia el desarrollo sostenible. En: *I Congreso Nacional de Áridos.* Zaragoza.
- EXPLOMAT (2010). *Análisis de los principales indicadores en la explotación de yacimientos y la incidencia de Explomat: Barrenación.* [Presentación en powerpoint].

- GARCÍA NORIS, O. (2013). *Caracterización minero-ambiental del Grupo Empresarial de la Construcción del MICONS de Holguín*. MONTES DE OCA RISCO, A. (tutor). Trabajo de Diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Facultad de Geología Minería. 63 h.
- GARZÓN GAITÁN, C.A. (1990). Auditorías tecnológicas. Ingeniería e investigación 50. Gestión tecnológica en la empresa, Colombia.
- GUINDO GÁMEZ, A. (2013). *Caracterización Minero Ambiental de la Industria de Materiales de la Construcción en la Provincia Guantánamo*. MONTES DE OCA RISCO, A. (tutor). Trabajo de Diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Facultad de Geología Minería. 51 h.
- GONZÁLEZ C. (2006). *Un proyecto de minería de áridos para el futuro*. En: I Congreso Nacional de Áridos, Zaragoza.
- HERNÁNDEZ JATIB, N. (2012). *Procedimiento para la elección del método de arranque de las rocas en canteras para áridos*. OTAÑO NOGUEL, J. (tutor) Tesis doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. 120 h.
- Iturralde-Vietnam, M.H. (1996). Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba IGPC Project 364. Special Contribution n.1.
- LOBAINA YIBRE, T. (2015). *Caracterización minero ambiental del yacimiento de arena natural Tibaracón del Toa*. ULLOA CARCASSÉS, M. (tutor). Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero de Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. 58 h.
- LUACES, C.; CARRETÓN, M.R & MACEDA, M. (2015a). Situación económica del sector de los áridos en 2015. En IV Congreso Nacional de Áridos. Madrid.
- LUACES, C. CARRETÓN, M.R & MACEDA, M. (2015b). Perspectiva económica del sector europeo de los áridos. Lecciones de la crisis. En *IV Congreso Nacional de Áridos*. Madrid.
- LUACES, C. CARRETÓN, M.R & MACEDA, M. (2015c). El sector de los áridos, primera industria extractiva del mundo. En *IV Congreso Nacional de Áridos*. Madrid.

- MARTÍNEZ SEGURA, M.A. (2009). *Diagnóstico tecnológico del sector de los áridos y su aplicación a la región de Murcia*. TRIGUEROS TORNERO, E. (tutor). Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena, 325 h.
- Materiales de construcción se reanima en 2014*. [en línea]. [Consultado: 2016-03-05]. Disponible en: <http://www.guerrillero.cu/index.php/en/noticias/pinar-del-rio/4436-materiales-de-construccion-se-reanima-en-2014>.
- MENA GUTIÉRREZ, I. (2015). *Efecto sobre el medio ambiente de la explotación del yacimiento de calizas El Pílon*. ULLOA CARCASSÉS, M. (tutor). Trabajo de Diploma en opción al título de ingeniero de Minas. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Facultad de Geología Minería. 62 h.
- MONTES DE OCA RISCO, A. (2012). *Recuperación de áreas minadas decanteras de materiales de construcción de Santiago de Cuba*. (tutor). Trabajo de Diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Facultad de Geología Minería. 75 h.
- MOTA, E. (2007). Consejos Prácticos. En: *II Jornadas sobre Gestión Integral de Explotaciones de Áridos. Jornada Técnica*, Madrid.
- Nuevas buenas para la producción de áridos en Ciego de Ávila en 2014*. [en línea]. [Consultado: 2016-03-05]. Disponible en: <http://www.granma.cu/cuba/2014-10-28/nuevas-buenas-para-la-produccion-de-aridos-en-ciego-de-avila>.
- OTAÑO NOGUEL, J. (1998). *Fragmentación de rocas con explosivo*. La Habana: Editorial Félix Varela.
- PARTIDO COMUNISTA DE CUBA. (2011). "Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución". En: *VI Congreso del Partido Comunista de Cuba*, pp. 39.
- PÉREZ SALAZAR, A. (2015). *Caracterización Minero–Ambiental de las Canteras en la Industria de Materiales de la Construcción de Santiago de Cuba*.
- El plan de construcción en Cuba para 2014 se cumplió en un 102 %*. [en línea]. [Consultado: 2016-03-05]. Disponible en: <http://cubainformacion.tv/index.php/economia/60475-el-plan-de-construccion-de-viviendas-en-cuba-para-2014-se-cumplio-en-un-102>

- Producción de árido en cuba.* [en línea]. [Consultado: 2016-03-05]. Disponible en: <http://www.cubadebate.cu/noticias/2013/02/14/cuba-produccion-y-venta-de-materiales-precisan-mas-eficiencia/#.Vtw3RZeYZQc>.
- RILVA PÉREZ, M. (2012). *Propuesta de utilización de la arenisca de Cárdenas en morteros de albañilería en la vivienda social en la provincia de Matanzas.* MOLA, J.F. (tutor). Tesis de maestría. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría (CUJAE). 93 h.
- SHINN, T. (1982). Scientific disciplines and organizational specificity: the social and cognitive configuration of laboratory activities, Reidel, Dordrecht, pp. 239-264.
- TRIGUEROS, E. (2006). *Nuevas propuestas en la aplicación para la restauración de canteras.* Nuevas Tendencias Medioambientales y Restauración de Canteras de Áridos. En: Jornada Técnica, Murcia.
- TRIGUEROS, E.; ALCARAZ, M.; MARTÍNEZ, M. A. (2007). *Análisis del Proyecto de La Cantera Ideal.* Cartagena: Colegio de Ingenieros Técnicos de Minas. Universidad Politécnica de Cartagena
- TRIGUEROS, E. (2008). *Líneas Estratégicas del Sector de Fabricación de los Áridos.* Fabricación de Áridos en la Región de Murcia. Estrategias y Desarrollo. En Jornada Técnica, Murcia.
- VEGA MARTÍNEZ, L. (2015). *Elección del método de arranque de las rocas en la cantera de áridos Los Caliches.* HERNÁNDEZ JATIB, N. (tutor). Trabajo de Diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Facultad de Geología Minería.
- WIEBE.E., B. (1995). *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs. Toward a theory of Sociotechnical Change.* Cambridge: MIT Press.

ANEXOS

Anexo 1. Cantera La Inagua

DATOS GENERALES

Cantera: La Inagua

Ubicación: Municipio Niceto Pérez de la provincia Guantánamo

Coordenadas en el sistema Lambert: X=659600 – 661200 m

Y=165500 – 166500 m

Material explotado: Calizas



Producción anual: 150 000 m³

Número de trabajadores en cantera: 44

Anexo 2. Equipos de transporte (Camión Belaz y KpA3) existentes en la cantera La Inagua.



Anexo 3. Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

VARIABLES - INDICADORES	VALORACIÓN DE LOS ASPECTOS			
	Técnico	Medioambiental y seguridad	Socio-económica	
Altura total del frente	>20 20-15 15 15-10 <10	5 4 3 2 1		
Altura de los bancos	30-20 20-10 10-5	5 3 0	<20 5 >20 0	
Sistema de explotación	Vertido Explotación tipo Corta Banco descendente Banco ascendente	5 5 3 3	Vertido 0 Explotación tipo Corta 4 Banco descendente 2 Banco ascendente 1	
Nivel de rehabilitación			Bien 5 Regular 3 Mal 0	
Impacto visual			Nulo 5 Medio 3 Importante 0	
Límites de la explotación				
Dispone de vallado externo de explotación. Tipo			Sí 5 Medio 3 No 0	
Dispone de pantallas vegetales o cordones de tierra perimetrales			Sí 5 Medio 3 No 0	
Dispone de captadores de polvo perimetrales			Sí 5 Medio 3 No 0	
Señalización adecuada de las instalaciones que indiquen tipo de actividad			Sí 5 Medio 3 No 0	

Anexo 3. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Estabilidad del frente	Técnico	Medioambiental y seguridad	Socio-económica
Fracturación del frente		Nulo 5 Medio 3 Importante 0	
Estado de las plataformas			
Anchura de trabajo (según normativas)	Sí 5 Medio 3 No 0	Sí 5 Medio 3 No 0	
Limpieza	Bien 5 Regular 3 Mal 0	Bien 5 Regular 3 Mal 0	
Estado de los caminos			
Ancho de las pistas (según normativas)	Sí 5 Medio 3 No 0	Sí 5 Medio 3 No 0	
Pendientes (según normativas)	Sí 5 Medio 3 No 0	Sí 5 Medio 3 No 0	
Sistemas de señalización en cantera		Sí 5 Medio 3 No 0	
Asfaltado de las pistas y accesos	Sí 5 Medio 3 No 0	Sí 5 Medio 3 No 0	
Perforación			
Los equipos deben cumplir con la normativa vigente	Sí 5 Medio 3 No 0	Sí 5 Medio 3 No 0	
Existe pantallas acústicas		Índice alto 5 Intermedio 3 Bajo 0	
Se realizan estudios de niveles de ruido		Sí 5 Medio 3 No 0	
Sistema de eliminación de polvo		Sí 5 Medio 3 No 0	
Sistemas de eliminación de ruido		Sí 5 Medio 3 No 0	
Tipo de martillo		MF 5 MC 0	

Anexo 3. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Voladura	Técnico		Medioambiental y seguridad		Socio-económica
Diámetro de perforación (mm)	> 100	5			
	100	4			
	75	2			
	<75	0			
Sistema de iniciación utilizado	Det E+ Sistema nonel	5			
	Det NE+Tubo	4			
	Det NE+Det	4			
	EI+Hilo	4			
	Det E+Mecha	4			
	Det Electrónicos	5			
Consumo específico(kg/m ³)	<0,40	5			
	0,40-0,50	3			
	>0,50	0			
Tipo de explosivo					
Fragmentación adecuada	Sí	5			
	Medio	3			
	No	0			
Generación de polvo			Nula	5	
			Medio	3	
			Importante	0	
Proyecciones			Sí	5	
			Medio	3	
			No	0	
Cordón detonante			Sí	5	
			No	0	
Estudio de vibraciones			Sí	5	
			Medio	3	
			No	0	
Carga y transporte					
Sistema de carga y transporte					
El sistema de carga es el adecuado	Sí	5	Sí	5	
	Medio	3	Medio	3	
	No	0	No	0	
El sistema de transporte es el adecuado	Sí	5	Sí	5	
	Medio	3	Medio	3	
	No	0	No	0	
Distancia del frente a la tolva del primario					

Anexo 3. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Carga y transporte	Técnico	Medioambiental y seguridad	Socio-económica
Acoplamiento carga y transporte	> 1,5 1,3 1 <1	0 3 5 0	
Consumo de petróleo (l/m ³)	< 0,30 0,60 >0,90	5 3 1	
Dispone de sistemas de control de la carga	Sí Medio No	5 3 0	
Dispone de sistemas de control de los consumos	Sí Medio No	5 3 0	
Los equipos cumplen con las normativas vigentes	Sí Medio No	5 3 0	Sí 5 Medio 3 No 0
Sistemas de apantallamiento natural			Sí 5 Medio 3 No 0
Los equipos de transporte presentan sistemas para reducir o eliminar el ruido en la carga			Sí 5 Medio 3 No 0
Se cubre la carga en la cantera			Sí 5 Medio 3 No 0
Se circula a través de alguna población			Sí 5 Medio 3 No 0
Planta de tratamiento			
Esquema de planta			
Es adecuado el esquema de planta	Sí Medio No	5 3 0	

Anexo 3. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Planta de tratamiento	Técnico		Medioambiental y seguridad		Socio-económica
Acopios próximos a la tolva del primario	Diario	0			
	Fin de semana	3			
	No	5			
Acoplamiento primario y secundario	> Una jornada	5			
	Una jornada	3			
	0h	0			
Líneas de clasificación					
Los equipos cumplen con las normativas vigentes	Sí	5	Sí	5	
	No	0	No	0	
Sistemas de apantallamiento natural (% de efectividad)			100	5	
			50	3	
			0	0	
Señalización adecuada de las instalaciones (%)			100	5	
			50	3	
			0	0	
Dispone de sistemas de control de la producción (% de los equipos)	100	5			
	50	3			
	0	0			
Grado de automatismo (%)	100	5			
	50	3			
	0	0			
Confinamiento de la tolva de alimentación de la trituradora			Sí	5	
			No	0	
La tolva de alimentación dispone de forros u otro sistema de eliminación de los niveles sonoros			Sí	5	
			No	0	
Dispone de sistemas de eliminación de polvo (aspersores, campanas)			Sí	5	
			No	0	

Anexo 3. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Planta de tratamiento	Técnico		Medioambiental y seguridad		Socio-económica
La tolva de alimentación dispone de barrera no franqueable			Sí 5 No 0		
La tolva de alimentación dispone de sistema de amortiguación de las rocas			Sí 5 No 0		
Existen fragmentos de material en los accesos			Sí 5 No 0		
Dispone de caseta de control de operaciones del primario	Sí 5 No 0		Sí 5 No 0		
Dispone la misma de medios audiovisuales para controlar la descarga	Sí 5 No 0		Sí 5 No 0		
Dispone de medios para controlar el funcionamiento de los trituradores	Sí 5 No 0		Sí 5 No 0		
La caseta cumple con las condiciones de seguridad e Higiene en el trabajo			Sí 5 No 0		
Las cintas transportadoras disponen de detectores de metales (%)	100 5 50 3 0 0				
Las cintas transportadoras disponen de sistemas de control de producción (balanzas)	100% 5 50% 3 0% 0				

Anexo 3. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Planta de tratamiento	Técnico	Medioambiental y seguridad		Socio-económica
Las cintas transportadoras se encuentran capotadas (%)		100	5	
		50	3	
		0	0	
Las cintas transportadoras disponen de sistemas de seguridad blindaje (%)		100	5	
		50	3	
		0	0	
Las cintas transportadoras disponen de protección de las correas de los motores (%)		100	5	
		50	3	
		0	0	
Las cintas transportadoras disponen de protección de los tambores (%)		100	5	
		50	3	
		0	0	
Las cintas transportadoras disponen de escalerilla de acceso y pasarela de vista (%)		100	5	
		50	3	
		0	0	
Los tambores de cola están a una altura adecuada (%)		100	5	
		50	3	
		0	0	
Cierre de los equipos de trituración (%)		100	5	
		50	3	
		0	0	
Cierre de los equipos de molienda (%)		100	5	
		50	3	
		0	0	
Cierre de los equipos de clasificación (%)		100	5	
		50	3	
		0	0	

Anexo 3. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Planta de tratamiento	Técnico		Medioambiental y seguridad		Socio-económica
Dispone de caseta de control de operaciones en la zona de clasificación	Sí No	5 0	Sí No	5 0	
Dispone de medios audiovisuales para controlar la descarga	Sí No	5 0	Sí No	5 0	
Dispone de control remoto para el funcionamiento de los molinos	Sí No	5 0			
La caseta cumple con las condiciones de seguridad e higiene en el trabajo			Sí No	5 0	
Dispone de sistemas que reduzcan o eliminen el ruido en la alimentación y descarga de los equipos de trituración (%)			100 50 0	5 3 0	
Dispone de sistemas que reduzcan o eliminen el polvo en la alimentación y descarga de los equipos de trituración (%)			100 50 0	5 3 0	
Confinamiento de los almacenes (%)			100 50 0	5 3 0	
Los almacenes disponen de protecciones contra el viento (%)			100 50 0	5 3 0	

Anexo 3. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Planta de tratamiento	Técnico	Medioambiental y seguridad	Socio-económica
Altura de caída adecuada		Sí 5 No 0	
La carga del material de los almacenes se realiza por cinta transportadora (%)		100 5 50 3 0 0	
Sistemas de lavado de ruedas y de la carga de camiones		Sí 5 No 0	
Dispone de circuito exclusivo para lavado de ruedas		Sí 5 No 0	
Situación de la planta con respecto a la orografía del terreno		Inferior 5 Igual 0	
Señalización adecuada de las instalaciones (%)		100 5 50 3 0 0	
Nivel de mantenimiento de la instalación	Muy bueno 5 Bien 4 Regular 3 Mal 2 Muy malo 1 No existe 0		
Sistema de alimentación eléctrica			
Potencia disponible (kVA)			
Factor de coincidencia			
Se dispone de arrancador de frecuencia	Sí 5 No 0		

Anexo 3. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Planta de tratamiento	Técnico		Medioambiental y seguridad		Socio-económica
Se dispone de instalación de condensadores	Sí	5			
	No	0			
Consumo eléctrico (kW /m ³)	<1,5	5			
	1,5-2	4			
	2	3			
	2-2,5	2			
	2,5-3	1			
	> 3	0			
Dispone de sala de cuadros eléctricos	Sí	5	Sí	5	
	No	0	No	0	
Estado de la sala de cuadros eléctricos	Bien	5	Bien	5	
	Regular	3	Regular	3	
	Mal	0	Mal	0	
Estado de las canalizaciones eléctricas	Bien	5	Bien	5	
	Regular	3	Regular	3	
	Mal	0	Mal	0	
Dispone de taller	Sí	5	Sí	5	
	No	0	No	0	
Estado del taller	Bien	5	Bien	5	
	Regular	3	Regular	3	
	Mal	0	Mal	0	
Disponen de cubetas para evitar el vertido de combustibles y aceites	Sí	5	Sí	5	
	No	0	No	0	
Consumo de petróleo(l/m ³)	< 0,30	5			
	0,60	3			
	>0,90	1			
Existencia de un plan de gestión de residuos asimilables			Sí	5	
			No	0	
Autorización de productor de residuos peligrosos			Sí	5	
			No	0	
Dispone de surtidor propio	Sí	5			
	No	0			

Anexo 3. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Planta de tratamiento	Técnico		Medioambiental y seguridad		Socio-económica
Consumo de agua para el lavado de los áridos (m ³ /mes)	0	5	0	5	
	5 000	3	5 000	3	
	1 000	2	1 000	2	
	15 000	1	15 000	1	
	>15 000	0	>15 000	0	
Riegos de pistas al día (dependiendo de la zona de ubicación de la cantera)	Adecuado	5	Adecuado	5	
	Medio	3	Medio	3	
	No adecuado	0	No adecuado	0	
Sistema de eliminación de polvo en los caminos			Sis. Comb	5	
			Aspersores	5	
			Camión	3	
			No	0	
Dispone de sala comedor para los trabajadores			Sí	5	
			No	0	
Dispone de sala de aseo según normativa de seguridad e higiene en el trabajo			Sí	5	
			No	0	
Dispone de laboratorio en planta	Sí	5			
	No	0			
Dispone de sistemas de gestión medioambiental NC ISO 14015			Sí	5	
			No	0	
Dispone de sistemas de gestión la calidad ISO 9001			Sí	5	
			No	0	
Dispone de sistemas de gestión de la seguridad OHSAS			Sí	5	
			No	0	
Subcontratación de la perforación y voladura	Sí	5			
	No	0			
Subcontratación de la carga y transporte	Sí	5			
	No	0			

Anexo 3. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Empleo	Técnico		Medioambiental y seguridad		Socio-económica	
Número medio de empleo directo (%)					80	5
					30	3
					0	0
Número medio de empleo indirecto (%)					50	5
					20	3
					0	0
Número de turno						
Índice de ausentismo	10	0				
	5	3				
	0	5				
Accidentes						
Número de horas perdidas como resultado de los accidentes (leves y graves)	0	5				
	167	3				
	200	0				
Número de accidentes mortales			0	5	0	5
			>0	0	>0	0
Índice de incidencia	0	5			0	5
	137	3			137	3
	200	0			200	0
Número de accidentes por Mt					0	5
					4,6	3
					10	0
Formación						
Horas de especialización (%)	100	5	100	5		
	50	3	50	3		
	0	0	0	0		
Horas de formación en seguridad y salud (%)	100	5	100	5		
	50	3	50	3		
	0	0	0	0		
Horas de formación (%)	100	5	100	5		
	50	3	50	3		
	0	0	0	0		
Transporte						
Distancia media de transporte desde el punto de extracción hasta los puntos de consumo por carretera (km)			70	0	70	0
			30	3	30	3
			Variable	5	Variable	5

Anexo 3. (Continuación). Criterios de valoración de cada indicador de las distintas variables de la mECA

Incidentes medio ambientales	Técnico		Medioambiental y seguridad		Socio-económica	
Número de incidentes medio ambientales	Sí	0	Sí	5	Sí	5
	No	5	No	0	No	0
Técnico en cantera	Sí	5	Sí	5	Sí	5
	No	0	No	0	No	0

En las casillas de la tabla antes presentada el criterio de valoración esta entre: bien (5), regular (3) y mal (0), quedando a juicio del evaluador asignar otra puntuación para obtener una evaluación más precisa.