



**INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
“DR. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ”
FACULTAD DE MINAS GEOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE MINAS**

**CIERRE SOSTENIBLE DE CANTERAS DE MATERIALES PARA LA
CONSTRUCCIÓN EN CUBA**

Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas

JULIO MONTERO MATOS

Holguín

2017



**INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA
“DR. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ”
FACULTAD DE MINAS GEOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE MINAS**

**CIERRE SOSTENIBLE DE CANTERAS DE MATERIALES PARA LA
CONSTRUCCIÓN EN CUBA**

Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas

Autor: Prof. Aux., Ing. Julio Montero Matos, Especialista en Gestión Ambiental

Tutores: Prof. Tit. Ing. José Antonio Otaño Noguel, Dr. C.

Prof. Tit. Ing. Oscar Jaime Restrepo Baena, Dr. C.

Holguín

2017

AGRADECIMIENTOS

- Al Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (ISMMM), por formarme como Ingeniero de Minas y Especialista en Gestión Ambiental, así como por darme la posibilidad de formarme como Máster en Ciencias y futuro Doctor en Ciencias Técnicas.
- A mis tutores, José Otaño Noguel y Oscar Jaime Restrepo Baena, por su atención, ocupación y preocupación.
- A todas aquellas personas e instituciones que, de una u otra manera, contribuyeron con el desarrollo de esta investigación.
- A mis compañeros del departamento de Minas del ISMMM.

El autor

DEDICATORIA

- A la memoria de mi abuela Reina Montero Casas.
- A mis padres y mis hermanos por apoyarme en todo momento de la vida y hacerme un hombre de bien, gracias a sus consejos.
- A mis amados hijos Cesar Alejandro Montero Labañino y Katheryn Montero Labañino, mi razón de existir.
- A mi amada y futura esposa.

SÍNTESIS

La explotación de materiales para la construcción en Cuba se realiza en grandes, medianas y pequeñas canteras de donde se extraen estos recursos. Los efectos nocivos, socioeconómicos y ambientales que esta causa pueden ser compensados si se toman en consideración las dimensiones del desarrollo sostenible, en la concepción de planes de cierre mineros efectivos desde la confección del proyecto de explotación minera. El presente trabajo tiene como objetivo elaborar una metodología para el cierre de canteras de materiales para la construcción que considere las dimensiones de la sostenibilidad sobre la base del Modelo Económico existente en Cuba. A partir del criterio de expertos y el uso del método Delphi, se obtuvo un sistema de criterios ambientales, socioeconómicos, tecnológicos, administrativos, políticos y culturales, que constituyen la novedad de la investigación. Se concluye que la metodología elaborada permitirá el cierre de canteras de manera sostenible y representa una contribución para el completamiento de los instrumentos legales del cierre minero en yacimientos cubanos de materiales para la construcción. La misma está concebida para su utilización en la etapa de proyección de una nueva explotación, su implementación en el yacimiento “San José” de la provincia Mayabeque, permitió validar su aplicabilidad y efectividad en cualquiera de las etapas de explotación de un yacimiento.

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA	8
1.1. Introducción	8
1.2. Cierre de minas	8
1.3. Principales aspectos del cierre de minas en el mundo	10
1.4. Actualidad y situación del tema en Cuba.....	19
1.5. El cierre de canteras en el contexto del Modelo Económico Cubano	31
Conclusiones.....	34
CAPÍTULO II. CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD QUE INCIDEN EN EL CIERRE DE CANTERAS DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN EN CUBA	35
2.1. Introducción	35
2.2. Elaboración del algoritmo para elaborar la propuesta metodológica del cierre de canteras..	35
2.3. Identificación y caracterización de los criterios que inciden en el cierre sostenible de canteras	37
2.4. Aplicación del Método Delphi.....	38
2.4.1. Elaboración del cuestionario.....	38
2.4.2 Determinación del número de expertos	39
2.4.3. Selección de los expertos	40
2.4.4. Realización de las rondas para obtener el consenso de los expertos	42
2.5. Valoración de los criterios para la realización de un cierre sostenible en canteras de materiales para la construcción.....	46
Conclusiones.....	55
CAPITULO III. METODOLOGÍA PARA EL CIERRE SOSTENIBLE DE CANTERAS DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN EN CUBA.....	56

3.1. Metodología para el cierre sostenible de canteras en el contexto del modelo económico de Cuba.....	56
3.2. Estructura de la metodología	57
3.2.1. Diagnóstico según tipo de material a explotar.....	58
3.2.2. Planificación conceptual y detallada del cierre sostenible.....	61
3.2.3. Revisión y aprobación por la autoridad minera	65
3.2.4. Ejecución del plan de cierre.....	66
3.2.5. Seguimiento y control del proceso de cierre.....	66
Conclusiones.....	67
CAPITULO IV. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA. CASO DE ESTUDIO CANTERA SAN JOSÉ	68
4.1. Introducción.....	68
4.2. Elección y justificación de la cantera “San José”	68
4.3. Caracterización y ubicación del yacimiento “San José”	69
4.3.1. Geología del yacimiento de la Cantera San José	71
4.3.2. Descripción del medio biológico y socioeconómico de la región	73
4.4. Aplicación de la metodología	74
Conclusiones.....	96
CONCLUSIONES	97
RECOMENDACIONES.....	98

INTRODUCCIÓN

El concepto de desarrollo sostenible, término aplicado al desarrollo económico y social, tiene su origen en el Informe Brundtland de la ONU de 1987, y es aquel que permite hacer frente a las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades (Montero Peña y Salazar Pérez, 2014).

En Cuba, la Ley 81 de Medio Ambiente de 1997, en su Artículo 8, define: desarrollo sostenible como “proceso de elevación sostenida y equitativa de la calidad de vida de las personas, mediante el cual se procura el crecimiento económico y el mejoramiento social, en una combinación armónica con la protección del medio ambiente, de modo que se satisfagan las necesidades de las actuales generaciones, sin poner en riesgo las de las futuras generaciones” (Gaceta Oficial, N°7, 1997).

“De acuerdo con las Naciones Unidas, la diferencia que existe entre desarrollo sostenible y desarrollo sustentable es que este último es el proceso por el cual se preservan, conservan y protegen solo los recursos naturales para el beneficio de las generaciones presentes y futuras sin tomar en cuenta las necesidades sociales, políticas ni culturales del ser humano, mientras que el primero es el proceso mediante el cual se trata de satisfacer las necesidades económicas, sociales, de diversidad cultural y de un medio ambiente sano de la actual generación, sin poner en riesgo la satisfacción de las mismas a las generaciones futuras.”

Para algunos autores, el adjetivo sostenible es equivalente a los adjetivos sustentable, perdurable, durable. Para otros autores, sostenible y sustentable no son términos semejantes; por ejemplo el

periódico Granma de la República de Cuba en la página 2 de su edición del 30 de abril del 2013 afirma que:

Para el desarrollo de esta investigación se considera más adecuado utilizar el término “desarrollo sostenible”, teniendo en cuenta que este se refiere a la protección del medio ambiente en relación con la satisfacción de las necesidades económicas, sociales y culturales.

Desarrollar una minería sostenible que garantice las necesidades actuales de la sociedad, sin poner en riesgo las de las futuras generaciones y, al mismo tiempo, proteger el medio ambiente, constituye el gran desafío del sector minero y de los gobiernos (Montero & Otaño, 2012). Para ello, entre otras medidas, se necesita el uso de tecnologías de avanzada que afecten menos al medio ambiente y que garanticen la explotación racional de los recursos, la definición temprana del uso futuro de los suelos, la previsión del posible redimensionamiento de la actividad económica al cierre de las operaciones mineras, la adquisición de una adecuada cultura tecnológica, la aplicación de las legislaciones ambientales existentes, así como, la implicación de los diferentes actores sociales en la toma de decisiones y en los procesos de capacitación relacionados con la explotación de los recursos.

Estas medidas sustentan el criterio de (Richards, 2002), quien expresa: “La sostenibilidad de la industria minera descansa sobre bases económicas, ambientales y sociales. Cada uno de estos aspectos debe ser considerado por separado, aunque una solución sustentable requiera la integración de los tres aspectos”. Evidentemente, con esta integración, se garantiza el perfeccionamiento de las potencialidades del contexto minero y la reducción de los perjuicios que provoca la explotación de sus recursos.

En cuanto al desarrollo de una minería sostenible, Cuba ha mostrado preocupación e interés en su puesta en práctica, aunque los resultados aún no son los esperados. Esencialmente, se ha profundizado en la dimensión ambiental que plantea el concepto. En relación con ello, se han dado pasos importantes hacia la protección ambiental a partir de la aprobación de leyes y

decretos que regulan la política minera y el proceso de rehabilitación de los llamados pasivos ambientales.

Entre estas herramientas legales se recogen: Ley de Medio Ambiente, Ley de Minas, Ley Forestal, Decreto-Ley 268/99 y el Decreto-Ley 179, entre otras (Guerrero et al., 2014). No obstante, estas leyes presentan limitantes que impiden que se realice un proceso sostenible de cierre de canteras.

Se encuentran algunas como la ausencia de un instrumento legal que regule el proceso de cierre, aunque existen regulaciones que se dedican a aspectos específicos relacionados con el uso final de los recursos del contexto en que han cesado las labores de explotación y la Ley 76 que sólo dedica un capítulo al tema, sin precisar cómo hacerlo.

En la historia de la minería en Cuba, la actividad extractiva en grandes, medianas y pequeñas canteras de yacimientos no metálicos ha sido intensa y ha provocado un fuerte impacto al medio ambiente. Estos impactos socioeconómicos y ambientales podrían compensarse si se utilizaran planes de cierre minero efectivos, desde la confección del proyecto de explotación de estos recursos y se creara la reserva financiera no menor del 5% de la inversión inicial para cubrir los gastos que se deriven de las labores de restauración del área de la concesión, según plantea el artículo 88 de la Ley de Minas.

La explotación de materiales para la construcción en Cuba también se incluye dentro de las actividades mineras que afectan al medio ambiente cuando no se aplican planes efectivos de cierre (Montero & Otaño, 2012), sobre todo, si se tiene en cuenta que más del 60% de los pasivos ambientales mineros en Cuba son de este tipo de minería, los cuales tienen la capacidad de provocar impactos ambientales generados por las operaciones mineras abandonadas, con o sin dueño u operador identificable, donde no se ha realizado un cierre de minas sostenible, o sea, reglamentado y certificado por las autoridades correspondientes (García et al., 2013).

Se considera que desde la evaluación de impacto ambiental que se realiza para la ejecución de cualquier proyecto minero, debe contemplarse el cierre de minas y tenerlo en cuenta en todas las fases de dicho proyecto. Fundamentalmente, deben presentarse el proyecto de explotación del yacimiento y el plan de cierre.

La aplicación a escala regional, nacional y local de metodologías e instrumentos jurídicos para el cierre sostenible de las minas ha adquirido relevancia en la actualidad, justamente porque reflejan, en síntesis, el conflicto entre la minería, la sociedad y el ambiente (Guerrero & Figueredo, 2010).

En Cuba, las regulaciones jurídicas en materia medioambiental, consideran obligatorios los estudios de impacto ambiental en proyectos mineros, que tienen en el cierre de minas un componente fundamental en el capítulo XI de la Ley de Minas y es abordado también en el reglamento de la Ley de Minas. Sin embargo, en la práctica, aunque Cuba posee una larga tradición minera, se desconoce la existencia de precedentes que regulen cómo debe efectuarse el proceso de cierre de canteras y, en particular, para los yacimientos no metálicos no se incluye el proceso de cierre dentro del proceso de explotación; no se tiene en cuenta el ciclo de vida de la cantera y solo se aplican algunos artículos de la Ley de Minas y su reglamento.

Resulta insuficiente la forma en que se aborda el cierre de minas en la Ley 76 de Minas y en su reglamento, debido a que solo establece los distintos tipos de cierres que existen y señala la obligatoriedad del cumplimiento de la ejecución del cierre de las actividades mineras, pero no está regulado cómo realizarlo, teniendo en cuenta el enfoque actual de este problema y relacionando los criterios sociales, ambientales, tecnológicos, económicos, políticos y culturales para lograr una integración sistémica con vista a efectuar un cierre de cantera sostenible en el contexto del modelo económico cubano actual.

En síntesis, en la legislación minera, ambiental y tecnológica cubana no se contempla de manera explícita una metodología que partiendo de los conocimientos acumulados sobre la temática

permita planificar, organizar, dirigir y controlar el cierre de una cantera de materiales para la construcción como parte de un Proyecto de Minería Sostenible.

Problema científico:

Necesidad de una metodología para el cierre de canteras de materiales para la construcción que considere las dimensiones de la sostenibilidad en el contexto del modelo económico existente en Cuba.

Objeto de estudio: el Proceso de cierre de canteras

Campo de acción: canteras de materiales para la construcción

Objetivo general:

Elaborar una metodología para el cierre de canteras de materiales para la construcción que considere las dimensiones de la sostenibilidad basada en el modelo económico existente en Cuba.

Hipótesis:

Si se consideran de forma sistémica los criterios ambientales, socioeconómicos, tecnológicos, administrativos, políticos y culturales, así como, el modelo económico existente en Cuba; entonces se puede diseñar una metodología que posibilite el cierre sostenible de canteras de materiales para la construcción en el país e integrarlas a un entorno apto para la convivencia en la sociedad.

Objetivos específicos

1. Determinar los criterios de sostenibilidad que caracterizan el cierre de canteras de materiales para la construcción.
2. Diseñar la estructura y contenido de la metodología para el cierre de canteras de materiales para la construcción en el contexto del modelo económico existente en Cuba.
3. Aplicar la metodología propuesta a un caso de estudio representativo de la minería de materiales de construcción en Cuba.

Novedad científica:

El sistema de criterios ambientales, socioeconómicos, tecnológicos, administrativos, políticos y culturales que permitió elaborar una metodología integrada para el cierre sostenible de canteras de materiales para la construcción en Cuba.

Aporte práctico:

La metodología para el cierre de canteras de materiales para la construcción basado en los criterios de sostenibilidad determinados, en función del modelo económico existente en Cuba.

Métodos científicos de la investigación empleados:

En la solución del problema científico de esta investigación se hizo uso de algunos métodos científicos:

Métodos empíricos: como técnica, la revisión documental, la observación científica, la encuesta y la entrevista.

Métodos teóricos: para la interpretación conceptual de los datos empíricos y el conocimiento de las relaciones esenciales del objeto.

- Análisis y la síntesis
- Histórico-lógico
- Inductivo- deductivo

El método Dialéctico para conocer las relaciones entre los componentes del objeto a partir de las leyes universales del desarrollo en la naturaleza, la sociedad y el pensamiento.

El procesamiento de los datos fue desarrollado con el apoyo de los softwares profesionales AutoCAD 2014, Excel 2010, Access 2010 y ArcGIS 9.3.

Estructura de la tesis

La tesis está estructurada en introducción, cuatro capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

En la introducción se establece el problema científico, campo de acción, el objeto de estudio, objetivo general, la hipótesis, los objetivos específicos y se señala la novedad científica y el aporte práctico.

En el primer capítulo se realiza el análisis de los antecedentes y la actualidad del problema tanto a nivel internacional como en Cuba.

En el segundo capítulo se determinan los principales criterios que inciden en el cierre de canteras de materiales para la construcción utilizando el criterio de expertos a través del método Delphi.

En el tercer capítulo se expone la metodología para el cierre de canteras de materiales para la construcción y su valoración.

En el cuarto capítulo se muestra la aplicación de la metodología para el cierre de una cantera de materiales para la construcción: caso de estudio “Cantera San José”.

Producción científica del autor sobre el tema de la tesis

Como parte del proceso investigativo el autor participó en 11 eventos científico - técnicos de carácter nacional e internacional; realizó tres publicaciones relacionadas con el problema y el tema de investigación en revistas científicas.

Los eventos y las publicaciones antes mencionadas se relacionan en el anexo 1.

CAPÍTULO I

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DEL TEMA

1.1. Introducción

En este capítulo se ofrece una visión general del estado del arte sobre el manejo del cierre de minas, con énfasis en los yacimientos de materiales para la construcción, así como los enfoques y definiciones que se han tratado en la literatura especializada a nivel internacional y nacional, las normas jurídicas que la rigen y su aplicación en las canteras de Cuba como vía para alcanzar el desarrollo sostenible de esta actividad.

1.2. Cierre de minas

El concepto de cierre de minas abordado desde una mirada sistémica puede definirse como un conjunto de procesos y actividades que interactúan de manera coordinada y ordenada en pos de compensar, corregir, mitigar y prevenir los impactos generados por efecto de las actividades productivas mineras y que, además, actúan bajo un instrumento planeado desde etapas iniciales de la explotación, y para efectos prácticos se denomina plan de cierre de minas (PCM).

Este concepto es relativamente nuevo. Tan sólo desde 1977 se expidió en Estados Unidos una reglamentación al respecto, en gran medida, como resultado de la preocupación medio ambiental de carácter mundial generada a partir del documento: *The Limits to Growth* (H. Meadows, L. Meadows, Randers, & W. Behrens III, 1972), encargado por el Club de Roma.

La investigación de Montero Peña y Salazar Pérez (2011) donde citan al Ministerio de Energía y Minas del Perú, expresa que: “El cierre de minas es un conjunto de actividades a ser implantadas en una mina o componente de una mina, que varían desde la preparación de un plan inicial hasta la ejecución de actividades post minado, con el fin de cumplir objetivos ambientales y sociales específicos” que conducen al desarrollo sostenible de la actividad minera. El cierre incluye la

implementación de diferentes medidas, tales como el desmantelamiento de instalaciones, estabilización física y química, recuperación y rehabilitación de suelos, revegetación y rehabilitación del hábitat acuático.

Comienza con la preparación del plan de cierre inicial (que se ejecuta antes de comenzar los estudios de exploración geológica y explotación del yacimiento mineral, o sea, cuando se realiza el Estudio de Impacto Ambiental), continúa con las actividades de cierre progresivo que se realizan de forma simultánea con las operaciones mineras (rehabilitación de áreas degradadas por la minería) y con investigaciones que determinen las técnicas óptimas y económicas eficientes para ejecutar el plan de cierre final (que no se ha realizado) y finaliza con la ejecución de actividades de cierre final y actividades de post-cierre (Oyarzún 2008).

Este concepto planteado por Montero Peña y Salazar Pérez (2011), aunque expresa que el cierre de minas se hace “con el fin de cumplir objetivos ambientales y sociales específicos que conducen al desarrollo sostenible de la actividad minera”; no contempla en sí mismo el ciclo de vida de la mina, ni logra la integración de las dimensiones de la sostenibilidad como elemento esencial para lograr un desarrollo sostenible de la actividad minera.

La Ley 76 de Minas de 1995 en el Capítulo XI, no define el concepto de “Cierre de minas”, solo se limita a establecer los distintos tipos de cierres que existen y a señalar la obligatoriedad del cumplimiento de la ejecución del cierre de las actividades mineras.

Para esta investigación se asume el concepto de cierre de minas elaborado por especialistas de la Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM), de los Ministerios de Energía y Minas y el de la construcción, así como de profesores e investigadores del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa y la Universidad de Pinar del Río participantes en el Taller de Cierre de Minas efectuado en 2013 y que tuvo como objetivo la presentación de una propuesta de procedimiento para el cierre de minas en Cuba.(Documento resumen del Taller de Cierre de Minas efectuado en 2013, Habana. Cuba. No publicado):

“Cierre de minas: acción de cesar las actividades que se realizan en una mina concesionada con la ayuda de instrumentos y equipos apropiados para la explotación y el procesamiento del mineral, acreditado por la Autoridad Competente, realizado de acuerdo con un Programa Autorizado y con estricto cumplimiento del marco jurídico vigente. Comprende el conjunto de actividades a ser implementadas a lo largo del ciclo de vida de la mina, con el propósito de ejecutar y cumplir adecuadamente con los criterios ambientales establecidos y alcanzar los objetivos sociales deseados después de la etapa de minado. Puede tener lugar en cualquiera de los procesos del ciclo de vida de la mina. Al término de cualquier fase de actividad minera realizado de acuerdo con el proyecto correspondiente de cierre aprobado con estricto cumplimiento del marco legal vigente”.

1.3. Principales aspectos del cierre de minas en el mundo

La mayoría de los avances en la investigación, a nivel internacional, han sido en el área de minas abandonadas, las cuales constituyen pasivos ambientales. Por ejemplo, el Ministerio de Desarrollo del Norte de Ontario y Minas, apoyó el trabajo de los investigadores Bolger et al. (1993) en el desarrollo de un sistema de calificación de peligros en numerosas minas abandonadas en esa provincia.

El trabajo de Mudder & Harvey (1998) plantea los conceptos, los compromisos y la cooperación en relación con un plan de cierre efectivo y muestra cómo una planificación adecuada para el cierre, debe iniciar desde la fase de estudio de factibilidad y continuar durante el diseño y las operaciones mineras. Obtienen una combinación de conceptos innovadores y compromisos a largo plazo, que no puede ocasionar graves consecuencias ambientales y económicas. Se considera importante porque esta investigación proporciona fundamentos a tener en cuenta en la elaboración de la metodología, como son: el ciclo de vida de la mina, la participación de los actores en la toma de decisiones y el seguimiento al proceso de cierre por parte de la máxima dirección.

Aduvire, H & Aduvire, O (2000), presentan algunas nociones básicas sobre cierre de minas y describen una serie de métodos de cierre empleados en distintos tipos de labores subterráneas. Consideran que el cierre de la instalación tiene gran influencia en la viabilidad de los proyectos mineros, en la calidad de vida y en el desarrollo sostenible del entorno. Como conclusión de sus ideas, se piensa que, aunque se refieren al cierre de minas subterráneas, propician determinados aspectos a considerar en el cierre de canteras de materiales para la construcción; referidos fundamentalmente al desmantelamiento de instalaciones de superficie, sellaje de huecos y labores de rehabilitación superficial.

Según Warhurst et al. (2000), Wenig y O'Reilly (2005) & Solomon et al. (2008), existen investigaciones sobre cierre de minas que prestan poca atención desde la academia a la planificación del cierre sostenible y la práctica en comparación con estudios sobre el desarrollo y la fase de explotación minera; por lo tanto, es imperativo comprender en qué medida los actuales procesos de cierre son relevantes y su aplicación efectiva es importante. Muestra la importancia de investigar desde la academia el proceso de cierre de minas como actividad a perfeccionar para el logro de la sostenibilidad minera.

La guía metodológica para el cierre de faenas mineras (2002), Chile, muestra de qué forma se lleva a cabo el cierre de minas en ese país, aunque solo se refiere a la minería metálica. De forma general, es de utilidad y muchos de sus acápites pueden ser adaptados a la explotación de materiales para construcción, como son: la actualización de la base minera del yacimiento, la determinación del costo del cierre, la evaluación de impacto ambiental y la inclusión del cierre como parte del ciclo de vida de una mina, entre otros.

La guía para la elaboración de planes de cierre de minas (2002 y 2006), de la Dirección General de Asuntos Ambientales Mineros del Ministerio de Energía y Minas del Perú, proporciona a la industria minera de ese país un enfoque estandarizado para la preparación de los planes de cierre de minas, de conformidad con la Ley 28090 y su correspondiente reglamento, promulgado

mediante DS 033-2005-EM. La misma, muestra utilidad para la realización de esta investigación y muestra una de las mejores prácticas del cierre de minas en Latinoamérica.

Por su parte, en América Latina, a partir de mediados de los años noventa del siglo pasado, comenzó a tomarse en cuenta el proceso de cierre de minas y solo fue aceptado después del año 2000. Así lo muestra Paredes (2003), quien hace una valoración de los aspectos legales y técnicos, en general, del plan de cierre de minas en Ontario (Canadá), Estados Unidos, Sudáfrica, Australia y Perú, lo que permite centrar la atención en la situación de esos países.

Upton, Harrington & Mendenhall (2004) elaboraron acciones de compromiso que garantizan la estabilidad física, química y ecológica de la mina a largo plazo. Su aplicación permite una colaboración activa con los actores locales. Estos autores no revelan los pasos que siguen para lograr el cierre, pero sí muestran el uso final que se da a la mina objeto de estudio, el cual constituye un ejemplo de alternativa para otros sitios mineros.

Oyarzún Muñoz (2008), profesor titular de la Universidad La Serena en Chile, en el Curso resumido “Planes de Cierre Mineros”, aporta un grupo de herramientas y elementos generales para tener en cuenta a la hora de elaborar un plan de cierre de minas. Este curso resumido es de utilidad para quienes se interesan por hacer de la minería una actividad plenamente responsable frente a la actual y a las futuras generaciones.

También explicita la necesidad de que un plan de cierre se fundamente en un buen estudio de impacto ambiental, el cual, a su vez es el sustento conceptual de la gestión ambiental de las operaciones mineras y del futuro plan de cierre. Se piensa que tiene en cuenta los aspectos técnicos, sociales, económicos y ambientales; pero no contempla la integración de dichos aspectos con vistas a lograr un cierre de minas sostenible.

Muchas empresas transnacionales están integrando las cuestiones de cierre de minas en la planificación del proyecto y el desarrollo de directrices y normas para el cierre de minas sostenible y organizaciones internacionales como, por ejemplo, el Consejo Internacional de

Minería y Metales de Australia (ICMM) 2009 y 2011 ha desarrollado un Equipo de Herramientas para la Planificación del Cierre Integrado de Minas y un Procedimiento Marco de aseguramiento para un desarrollo sostenible.

Estas investigaciones certifican la importancia y necesidad de concebir una metodología de cierre que considere todas las dimensiones del desarrollo sostenible con vista a integrarlas y propiciar, a los concesionarios, una herramienta eficaz para la planificación integral del proceso de cierre de minas e involucrar a los principales actores con miras a determinar futuros usos después de cerrada la mina..

En Perú, la Dirección de Asuntos Ambientales Mineros (2010) propuso una guía para la elaboración de planes de cierre de Pasivo Ambiental Minero (PAM), la cual presenta un formato estándar, que requiere de un proyecto de cierre detallado a nivel de factibilidad e incluye la estimación de costos, así como las actividades de rehabilitación.

Además expresa que después del desmantelamiento y rehabilitación del área de los pasivos ambientales, se precisan informes semestrales de mantenimiento, monitoreo y seguimiento post-cierre. A pesar de establecer y describir como premisas todas estas actividades, no expone el cómo hacer las mismas y no tiene en cuenta en su concepción los minerales no metálicos.

Según Cowen et al. (2012), los elementos de buenas prácticas de cierre de minas dependen de la ubicación, la cultura y aspiraciones de la comunidad local y otros factores contextuales. Sin embargo, la literatura indica que también hay elementos universalmente aceptables como los impactos sociales y ambientales, y debe ser una parte integral de la planificación del proyecto de cierre, la rehabilitación progresiva de los daños sociales y ambientales, la participación de la comunidad al inicio del proceso de cierre y el apoyo del gobierno.

Todos estos elementos son considerados solo para la minería metálica y son citados por los autores de forma independiente en diferentes investigaciones; pero se piensa que integrando

estos elementos citados y apoyándose en la relación empresa-gobierno-comunidad, se puede lograr la elaboración de una metodología para el cierre sostenible.

Barnes, Hawthorne, & Willians (1999) hacen referencia al desarrollo de un modelo de estimación de costos del cierre de minas que permite auditar y preparar nuevos planes de estimación de los mismos, basados en otros proyectos mineros cerrados. Su resultado constituye una guía apreciable para efectuar la estimación de costos en la metodología propuesta en este trabajo, independientemente de sus diferencias con respecto al Modelo Económico Cubano.

Wilson, Milne and Dyhr (2003), realizan un análisis crítico de la evolución del costo de Cierre de Minas en Estados Unidos, con el que demuestran que, a medida que pasa el tiempo, se identifican nuevas preocupaciones con respecto a los efectos posteriores a la extracción a largo plazo y al aumento de los costos de cierre de minas.

Considerando que los costos de cierre dependen del tamaño y tipo de operación, definen las categorías de gastos generales y valores de la mediana (por acre, o por unidad de producción), la tendencia histórica de los costos de cierre y las categorías de costos adicionales; el reto, para los operadores de minas, será anticiparse a ellos y diseñar soluciones rentables.

Esta investigación se realiza para minas metálicas donde las actividades de estabilidad física y química llevan en sí un gran peso en el costo de cierre, pero solo se considera la evolución de los costos de cierre técnico en el tiempo y no toma en cuenta las actividades socioeconómicas a considerar como parte del cierre ni se concibe la inclusión del costo de cierre desde el estudio de pre factibilidad con vista a crear un fondo financiero para dicha actividad.

Miller (2005); Cowan, Mackasey & Robertson (2010), en sus investigaciones, realizaron un análisis al aseguramiento financiero para el cierre de minas que ofrece el gobierno de Canadá a sus diez provincias, cuenta con legislaciones que exigen a las empresas mineras fijar los fondos para ser utilizados en la recuperación tras el cierre de minas, también la obtención de la financiación necesaria por parte de las empresas que proporcionen garantías para los fondos de

cierre de minas antes de la construcción y operación de la mina y el cálculo del costo financiero que puede variar a través de las jurisdicciones.

Estos autores reconocen la importancia de la creación de fondos para el cierre de minas, pero solo consideran las partidas necesarias para efectuar los trabajos técnicos requeridos para la rehabilitación de los sitios minados, sin considerar que las propias acciones para lograr un futuro uso de los espacios minados, el tratamiento al personal de la mina, la reconversión económica, también llevan asociados gastos financieros.

Franco Concha, Angulo & Cáceres (2011), analizaron el tratamiento contable de la provisión por cierre de minas en Perú, en este no menciona ni reconoce a la Provisión por cierre de minas como gasto deducible para efectos del cálculo de la renta neta imponible en la Ley del Impuesto a la Renta vigente y su Reglamento.

La presente investigación tiene como objetivo sustentar y validar la especificación e inclusión o no de la Provisión por Cierre de Minas como gasto deducible para efectos de la Ley del Impuesto a la renta a través de la evaluación del tratamiento contable financiero y tributario de dicha provisión.

Este trabajo deja claro que existe un vacío legal que no permite que las empresas peruanas que se dedican a la actividad minera puedan determinar si dicha provisión se debería o no considerar como gasto deducible del Impuesto a la Renta. Aporta además elementos económicos a considerar en el caso de Cuba donde también existe dificultad con la conformación del fondo financiero para ejecutar el cierre de minas.

Sommer y Gardner (2012); White, Doole, Pannell & Florec (2012), analizaron requisitos financieros del cierre en Australia, los cuales, según los mecanismos legales y administrativos de las agencias estatales, son, generalmente vistos como un complemento a los sistemas de garantía de bonos de rendimiento. Estos últimos se han desarrollado en todos los estados para hacer

cumplir los requisitos de rehabilitación después de la minería; además, consideran otras garantías financieras, por ejemplo, fondo de rehabilitación, se ha introducido en el oeste de Australia.

Estas investigaciones dejan una laguna en la determinación del costo de cierre en términos de tasa y cálculo, ya que varían de un Estado a otro sobre la base de las políticas adoptadas por los gobiernos de los estados; lo que propicia que solo se gestionen bonos para la financiación de cierre y que las empresas mineras no incluyan el costo del cierre desde el estudio de pre factibilidad, además de considerar el cierre de minas al final del ciclo de vida de la mina y no en el transcurso del mismo.

Swart et al. (1998) discuten los principios y la aplicación de la evaluación de riesgos sobre la base de la gestión ambiental en la industria minera. Hacen hincapié en el concepto de evaluación y gestión del riesgo ambiental, cuando se aplica correctamente la identificación y gestión de los asuntos ambientales más allá de los establecidos por las normas legales vigentes y las estrategias de gestión.

La ventaja de este concepto es que dicta los objetivos de gestión de la mina a corto y largo plazo y logra que su cierre se convierta en una metodología relativamente simple; sin embargo, no aborda la gestión de riesgos sociales y económicos del cierre, por lo cual no logra tener un enfoque integral de la gestión de los riesgos del cierre de minas.

Adurive, en 1999, presenta una metodología que permite valorar el riesgo humano y medioambiental que representa el cierre y el abandono de minas subterráneas. Esta metodología ayuda a elegir el método de cierre más adecuado en cada labor minera. Para ello tiene en cuenta las condiciones climáticas, geológicas, químicas, físicas y medioambientales del lugar, así como la viabilidad y el costo económico que implicaría llevar a cabo el cierre de estas minas en específico. La determinación de los riesgos del cierre constituye un nuevo aspecto a integrar en la concepción de cierre de canteras.

Laurence (2001), a partir del estudio de minas abandonadas en Australia y haciendo hincapié en las cuestiones ambientales, desarrolló un sistema de clasificación de los factores de riesgos asociados con el cierre de minas. A través de la técnica matemática de análisis multicriterio se determinaron los factores técnicos y socioeconómicos que deben tenerse en cuenta en dicho proceso, lo cual favoreció que los tomadores de decisiones pudieran establecer prioridades sobre la base de un conjunto de factores complejos.

El estudio de Laurence (2001) sirve de base para desarrollar una evaluación de riesgo del cierre de canteras de materiales para la construcción en Cuba, teniendo en cuenta que considera los componentes de riesgo significativos para el cierre de minas, como son: los riesgos ambientales, los riesgos de seguridad y salud, los riesgos sociales, los riesgos finales para el uso de la tierra y los riesgos legales y financieros; cuestiones nunca antes abordadas en investigaciones cubanas referidas al tema.

En investigación posterior, Laurence (2005) plantea que los cierres de minas prematuros pueden resultar en impactos adversos significativos sobre el medio ambiente y la comunidad, por lo que el uso de técnicas de gestión de riesgos puede ayudar a reducir estos impactos. Obtiene un modelo de riesgo de cierre que tiene un gran potencial como herramienta para la toma de decisiones y para evaluar los principales riesgos de cierre de faenas mineras individuales de manera estructurada y sistemática, tanto cualitativa como cuantitativamente. Este es de gran utilidad porque tiene en cuenta el beneficio que se proporciona a la comunidad y al gobierno con la planificación anticipada del cierre de minas.

Por otra parte, enfoques poco claros y no formulados adecuadamente han provocado que en Sudáfrica se hayan utilizado modelos erróneos para el cierre de minas y para la rehabilitación, lo cual trae consigo una carga económica excesiva para la industria minera sudafricana. Por esta causa, Fourie & Brent (2006) en su artículo *A project-based mine closure model (MCM) for*

sustainable asset life cycle management, plantearon un Modelo de Cierre de Minas (MCM) basado en el Ciclo de Vida (LCM) de las mismas.

Dicho artículo está basado en los principios de gestión de proyectos e incluye la gestión de riesgos y la ingeniería concurrente, además propone gestionar el cierre progresivo y ayudar al órgano rector a la evaluación efectiva de los cierres y a la emisión de certificados. Con el modelo se puede lograr un manejo de los recursos (de la industria) de manera óptima y la organización del proceso de cierre para cumplir con los requisitos de la gama de grupos de interés.

Se consideran como aspectos esenciales de esta investigación, su énfasis en el manejo del ciclo de vida de la mina y la importancia que se le atribuye a la realización del cierre de forma progresiva, como parte de los procesos mineros que se deben realizar durante la explotación de los yacimientos. Estas consideraciones son válidas para tenerlas en cuenta en la elaboración de la metodología que se propondrá.

Kabir, Rabbi, Chowdhury & Akbar (2015), examinan la práctica del cierre de minas en Australia y Canadá donde consideran un conjunto de criterios de buenas prácticas desarrolladas por los propios autores. Los resultados de este estudio proporcionan una comparación de la práctica de cierre de la mina entre los dos países, también identifica las lagunas en las prácticas de ambos, los que tienen características socioeconómicas, administrativas y geográficas similares, así como, sectores de la minería de gran tamaño. También tienen una larga historia de regulación de las actividades mineras.

El estudio también descubrió algunas deficiencias, en la práctica del cierre de minas, comunes para ambos. Estos incluyen el análisis de los impactos sociales, el análisis de las opciones de cierre alternativos y el monitoreo de los impactos sociales. Estos resultados confirman los hallazgos de otros estudios similares, por ejemplo, Sommer y Gardner (2012), White et al. (2012). Con el fin de tomar decisiones sobre el cierre de minas sostenibles, el plan de cierre necesita contener información clara y adecuada sobre estos temas.

Los resultados de este estudio muestran que, aún en países desarrollados, la práctica de la planificación del cierre de minas considera de forma inadecuada la evaluación del impacto social, la consulta comunitaria y el seguimiento de las actividades de post-cierre. Estos elementos dan fe de que es pertinente la propuesta de una metodología para el cierre sostenible dentro de un modelo político económico determinado.

En la literatura internacional revisada el cierre de minas se basa en cierre técnico, análisis de riesgos de cierre, estudios de impactos socioeconómicos y ambientales y la evaluación de modelos de cierre por separado, esto dista del concepto de sostenibilidad y de lo que se quiere proponer para el caso cubano; pero estos elementos se considerarán de forma integral como criterios a tomar en cuenta en el cierre de canteras cubanas.

1.4. Actualidad y situación del tema en Cuba

En Cuba, aunque el tema del cierre no se ha estudiado a profundidad y se presentan limitaciones en las investigaciones, sí existen aproximaciones a su estudio con aportes valiosos que permiten darle continuidad.

En 2013, se realizó el Taller de Cierre de Minas por la Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM) de conjunto con el programa de usos del suelo de la UNESCO en Cuba, con el objetivo de proponer un procedimiento para el cierre de minas, el cual reunió a especialistas de los Ministerios de Energía y Minas y el de la Construcción, así como, profesores e investigadores del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa y la Universidad de Pinar del Río.

En este taller se llegó a la conclusión de que Cuba carece de una herramienta metodológica, que sirva de base para ejecutar el proceso de cierre de minas tanto en minas metálicas como no metálicas. Sin embargo, gran parte de la investigación llevada a cabo ha sido, comprensiblemente, de carácter práctico y la literatura se compone principalmente de estudios de caso. Se han realizado pocos trabajos dedicados a la teoría de cierre de la mina.

No obstante, la existencia de una cantidad importante de pasivos ambientales en Cuba, demuestra que queda mucho por hacer, pues a pesar de estar recogido en la legislación minera vigente que debe realizarse el cierre de las actividades mineras después de agotados los recursos, aún no se tiene en cuenta este punto en los proyectos de explotación de los yacimientos de materiales para la construcción.

El reto cubano es el de asimilar las mejores prácticas y elaborar una metodología capaz de responder a las exigencias técnicas del cierre y que tenga en cuenta los impactos sociales, ambientales, económicos y culturales que producirá el proceso de cierre de minas. En consultas realizadas por el autor a especialistas y a través de revisión bibliográfica, se comprobó que en Cuba no se tiene experiencia en el cierre de minas sostenible, sin embargo, en Minas de Matahambre, Pinar del Río, después de abandonada la mina, se logró efectuar el cierre de, al menos, algunas instalaciones principales y conservarlas como Patrimonio Minero por decisión del Estado cubano.

A pesar de que la solicitud del cierre de minas se rige por la Ley No. 76 de Minas y su Reglamento, en el caso de los yacimientos presentes en Pinar del Río no ha sido cumplida una de las medidas importantes del cierre, en lo que se refiere a la rehabilitación minera. En este caso se encuentran las minas: “Julio Antonio Mella”, Fosforita, Matahambre, Júcaro, Santa Lucía y Oro Castellano.

El tratamiento a la fuerza laboral en las minas fue resuelta con la reubicación de los mineros en otras dependencias de la minería o la geología, algunos pasaron a retiro y otros fueron recalificados en otros oficios. Esto hubiese podido ser resuelto sin dificultad si desde el proyecto de explotación se hubiese tenido en cuenta la planificación del cierre de minas. Sin embargo, por tener tantos años de explotación, esta empresa no estaba preparada para un cierre brusco, sobre todo por el impacto social que creó esta situación y por el hecho de no existir fondos financieros creados para ejecutar las actividades de cierre.

En el 2001 se procedió al cierre total de la mina El cobre, impulsado principalmente por la caída brusca de los precios. Se caracterizó por la ausencia de una preparación documental y jurídica amplia que permitiera resolver al menos las principales preocupaciones. En este proyecto se consideró garantizar o mantener un nivel aceptable ocupacional de los mineros en otras actividades. La materialización de este proyecto de cierre resultó bastante engorrosa, pues la mina llevaba varias centurias en explotación y nunca ejecutó trabajos de cierre parcial o total ni de rehabilitación minera cuando correspondió. Por otra parte, no existían fondos financieros para ejecutar una rehabilitación aceptable en un área tan extensa y en un tiempo razonable.

Su ejecución originó desorientación en la población pues la mina constituía actividad económica fundamental del territorio, con una amplia cultura vinculada a la minería y no estaba preparada para el desarrollo de otras actividades que no se habían previsto. Además, no se garantizó con antelación un presupuesto para el cierre, ni se tuvo en cuenta el cierre progresivo, y las respectivas medidas para el logro de la estabilización física y geoquímica fueron insuficientes. (Guerreo Almeida et al. 2014)

En la industria del cromo, se pudo comprobar que por no contar con el plan de cierre desde la etapa inicial del proyecto de explotación presentaron problemas con la ubicación laboral de los trabajadores de esas minas, se han dejado áreas degradadas, se ha perdido conocimiento y cultura minera atesorados por los mineros y se perdió la principal fuente de empleo de los pobladores del asentamiento "La Melba."

En particular, en la explotación de yacimientos de materiales para la construcción, no se realizaron acciones de cierre en las actividades mineras que cesaron, lo que propició que estas canteras se hayan convertido en pasivos ambientales que provocan afectaciones al medio, que se le hayan dado usos indebidos a los espacios minados y perdido los recursos técnicos y tecnológicos en algunas de ellas.

Guerrero Almeida (2005) proponen un sistema de indicadores de sostenibilidad para la actividad minera, tanto subterránea como a cielo abierto. Entre estos incluye algunos que se necesita considerar en el proceso de cierre de minas como son: indicador de utilización de espacios minados, indicador de rehabilitación minera, indicador patrimonio geólogo minero e indicador proyecto de cierre de actividades mineras, y que son tomados como base en la elaboración de la propuesta de criterios de sostenibilidad para para el cierre de canteras en Cuba.

El tipo de explotación y las características específicas del entorno medioambiental y socioeconómico en el que se encuentra la explotación son elementos importantes a considerar (Milián, 2012).

Según Milián 2012, pueden distinguirse dos grupos de factores:

- Geoecológicos: Que incluye los factores geológicos y geográficos.
- Factor geológico: Proporciona información sobre las estructuras geológicas, la hidrología, la forma, tamaño y profundidad de yacencia, el tipo de mineral no metálico. Estos datos sirven para determinar el diseño óptimo de la explotación del yacimiento, la forma de la cantera (profundidad, ángulos de taludes y límites finales) y la ubicación de los escombros producidos durante el destape. (Hernández, 1992)
- Socioeconómico: que incluye el factor demográfico.
 - Factor demográfico: Considera las fuentes de empleos, actividades industriales y económicas que se desarrollan, la distribución de la población, cantidad de habitantes, nivel educacional, salud.

Además de los factores ambientales y sociales de diseño y planeación, existen otros de carácter económico y de ingeniería (Montero Peña, 2002; Guerrero Almeida, 2003; Milián, 2012). Estos autores consideran esenciales los factores ingeniero geológicos dentro del método de laboreo, diseñado según el tipo de yacimiento a cerrar, factor determinante a tener en cuenta a la hora de presentar el plan de cierre de minas en general.

Algunos de estos factores son: la cantidad de frentes de explotación, ángulo y altura del talud, propiedades físico-mecánicas de la roca, drenaje, topografía y los aspectos geológicos de los minerales presentes (posición, profundidad, grosor, estratigrafía).

Como factores socioeconómicos, estos autores incluyen: la importancia que reviste la localización y la accesibilidad al territorio, la ubicación del proyecto, los tipos de usos del suelo definidos por las distintas normativas legales que influyen en la ordenación del territorio de la zona, el uso final de las canteras considerando: “rutas de acceso, áreas naturales protegidas, patrimonio histórico, geólogo minero o con fines didácticos, recreativos, industrial, agropecuario y en pocas ocasiones residencial”.

Durand Megret (2010) hace la propuesta de un procedimiento para la elaboración y control de un plan de cierre de la mina de cromo Amores, el mismo es coherente para su aplicación en la minería subterránea. Sin embargo, tiene como limitantes que se realizó posterior al abandono de la mina, no se ejecutó por falta de presupuesto y no se ha generalizado para su aplicación en yacimientos similares.

Guerrero Almeida et al. (2014) realizó investigaciones en las que expresó criterios para la ejecución del cierre y la elaboración de una metodología para el cierre sostenible de minas en la minería metálica cubana, donde realizó aportes importantes. Sin embargo, estas investigaciones no logran la integración de los criterios propuestos para el cierre de minas; conciben el cierre al final de la explotación y no durante el ciclo de vida de la mina; sólo son referidas a la minería metálica, fundamentalmente, a la minería del níquel y no conciben el tratamiento a los trabajadores después del cierre.

Además, presenta otras limitaciones como la falta de integración de las tres dimensiones del desarrollo sostenible, no considera todas las características del Modelo Económico Cubano aunque sí tiene en cuenta la evaluación económica del tipo de explotación a emplear y no

considera los aspectos referidos a la determinación del costo del cierre ni al uso futuro de las excavaciones con vistas a transformar el objeto económico y social del contexto.

Por otra parte, no se sustenta en la teoría que prescribe cómo debe realizarse una metodología, por lo que su estructura se limita a la enunciación de etapas con la respectiva explicación de los procedimientos metodológicos y no se ha generalizado. Tampoco propone el plan de cierre de minas desde la elaboración del proyecto de explotación, aunque aborda el análisis del ciclo de vida de la mina y todas las etapas consideran las acciones de cierre que se deben realizar cuando el proceso está próximo a ejecutarse, sin tomar en consideración que un cierre efectivo se sustenta en acciones que se realizan desde la planificación y apertura de la explotación.

Castellanos Suarez et al. (2000), Blanco Torrens et al. (2000) y Guardado Lacaba (2003) realizaron investigaciones referidas a minería y medio ambiente en el contexto de cierre y patrimonio minero, sin embargo, no contemplan la integración de las tres dimensiones del desarrollo sostenible.

La dimensión ecológica, plantea que la explotación (tasa de utilización) de un recurso no renovable tiene que ser equivalente a la aparición de sustitutos en los procesos productivos. La sociedad tiene que conocer cómo va a sustituir los empleos que dejarán de existir cuando se agote el recurso; es decir, cómo la actividad minera crea condiciones para que aparezcan nuevos puestos laborales (Montero Peña, 2006)

Montero Peña & Salazar Pérez (2011 y 2014), analizan la reinserción laboral tras el cierre de minas, como una vía para alcanzar la sostenibilidad minera y la planificación del cierre de minas como parte de la sustentabilidad en la minería. Plantean que la reinserción laboral sólo puede lograrse sobre la base de la implementación de políticas que permitan que las comunidades, a partir de los conocimientos adquiridos y la infraestructura lograda, puedan realizar futuras actividades alternativas luego de agotados los yacimientos.

Se proponen algunas consideraciones básicas que conducen a alcanzar el desarrollo sostenible en la minería. Consideran que la planificación del cierre que se realice tendrá que ser en función de las actividades que se ejecutan en dicha etapa de clausura. Estas actividades deben otorgar valor al recurso natural, permitir el reciclaje de los recursos, asegurar la participación de la comunidad minera, y sobre todo, respetar el ambiente para las generaciones presentes y futuras, sobre la base de las necesidades y el mejoramiento de su calidad de vida.

En esta investigación se proponen actividades alternativas a desarrollar en el territorio minero, llegado el momento del cierre, lo cual permite que los decisores gubernamentales cuenten con las herramientas necesarias para lograr el desarrollo de la región a través de estrategias para utilizar los conocimientos acumulados durante el desarrollo de la minería, en virtud de poderlos convertir en proyectos económicos realizables, lo cual depende de las tecnologías utilizadas.

Las propuestas realizadas contribuyen a lograr un acercamiento al desarrollo sostenible en la minería, en las condiciones del subdesarrollo y la reinserción laboral es un aspecto que debe considerarse en la planificación del cierre de minas como parte de la sustentabilidad en la minería; pero no de forma aislada. Estas investigaciones carecen de la vinculación de este aspecto con otros elementos que considera el Modelo Económico Cubano y las dimensiones del desarrollo sostenible.

López-Kramer et al. (2015), con el objetivo de definir los impactos, proponer las actividades de rehabilitación ambiental y aportar la información que permita a las empresas mineras y a las autoridades regulatorias trabajar en la implementación de un enfoque estandarizado para la elaboración y revisión de los planes de cierre de minas; realizaron la caracterización medioambiental de 12 canteras en explotación de materiales para la construcción ubicadas en las provincias de La Habana, Artemisa y Mayabeque.

Los autores concluyen que los mayores impactos negativos detectados en las canteras estudiadas son los generados por las emisiones de polvo a la atmósfera, los cambios en la topografía, la remoción de los suelos, las afectaciones al recurso hídrico y a la vegetación por deforestación.

Teniendo en cuenta que las canteras estudiadas se encuentran en explotación o están paralizadas temporalmente, no se proponen medidas para el cierre permanente, por lo que las recomendaciones están encaminadas a la mitigación de impactos. En esta investigación no se profundiza en los elementos del cierre de canteras y no considera el contexto cubano ni el enfoque de sostenibilidad de la actividad minera. Sin embargo, es de utilidad para conocer los antecedentes de las explotaciones de canteras existentes en estas provincias.

Por otra parte, la mayoría de los trabajos realizados en canteras de materiales para la construcción, han estado referidos al tratamiento y recuperación de los pasivos ambientales mineros, así como a la caracterización y evaluación de impactos ambientales causados por la actividad minera, la rehabilitación de las mismas y la evaluación de la degradación ambiental en canteras.

Por su parte, González et al. (2012) en el Diagnóstico Ambiental a las UEB: Canteras San José, Guanabacoa, Caimito, y Alacranes, analizan aspectos socio económicos, los indicadores de productividad, tecnología, higiénicos, el cumplimiento con un grupo de normas, consumo, organización y desarrollan mediciones de ruido, polvo y propiedades de las aguas.

Estas investigaciones dan la posibilidad de conocer la situación ambiental real de las canteras citadas y aportan elementos a considerar en la propuesta de un plan de cierre sostenible a partir de los distintos escenarios. Hay que señalar que en estos trabajos no se logra hacer propuestas concretas para la recuperación ambiental, futuros usos y actividades de cierre de canteras.

López-Kramer et al. (2012), López-Kramer (2013) y Ponce (2013) realizaron investigaciones relacionadas con la rehabilitación ambiental en zonas degradadas por la minería y las plantas de procesamiento de minerales, así como, con el diagnóstico en canteras para materiales de la

construcción abandonadas en la provincia de La Habana y los pasivos ambientales de la minería a cielo abierto en Cuba.

Los autores describen la situación actual y los impactos presentes, presentan soluciones parciales que solo quedan en propuestas a realizar. Estas investigaciones aportan datos valiosos para justificar la necesidad de realizar un cierre sostenible de canteras en Cuba.

Fuentes Sardiñas (2013), a partir de la identificación y validación de 16 variables que caracterizan 250 canteras abandonadas desde el punto de vista físico, de su relación con el entorno y vinculadas a la explotación realizada en ellas, obtiene una base de datos que refleja las características de los espacios abandonados que propicia agrupar a las canteras en 4 grupos de manejo, a los cuales se les asignan posibles variantes de usos, así como programas de manejo.

Este resultado sirvió de base para elaborar un procedimiento general para el diagnóstico y la rehabilitación de canteras abandonadas y aunque se ajusta a la propuesta de cierre de canteras abandonadas; las 16 variables consideradas en esta investigación no son aplicables a canteras en explotación debido a que se limitan solo a la descripción de los espacios minados (desde el punto de vista físico, de su relación con el entorno y vinculadas a la explotación ya realizada) y donde no existe la dinámica del proceso de extracción del mineral.

Hernández (2013), basados en la revisión de 75 casos y 31 Licencias Ambientales en el período 2001-2011, destacan el elevado porcentaje de canteras en desuso, el desconocimiento del concesionario, y la inexistencia de fondos y proyectos para su restauración.

Montes de Oca & Ulloa (2013), estudian 10 yacimientos activos destinados a la producción de materiales para la construcción en la provincia de Santiago de Cuba. Proponen un procedimiento para recuperar las áreas minadas de las canteras a partir del análisis de los factores que influyen en la elección de los usos de recuperación en áreas minadas.

En esta investigación se propone una serie de medidas integradas con la recuperación y aplicadas en cada área degradada que, según los autores, logrará un cierre adecuado; sin embargo, la

última etapa del procedimiento es el cierre de la minería, la cual no desarrolla ni propone plan alguno de cierre de canteras. Además, el procedimiento carece de los análisis integrales de las dimensiones del desarrollo sostenible aplicables a la minería de canteras.

Montes de Oca Risco (2016), a través del método de criterio de expertos, obtuvo indicadores de degradación ambiental, los valora y presenta una matriz de compatibilidad entre estos indicadores y los usos finales que se le puede dar a las canteras. Dichos indicadores sirven para elaborar un procedimiento para la recuperación de las áreas degradadas en canteras de materiales para la construcción.

Este trabajo no tiene en cuenta los aspectos técnicos, sociales y económicos, tampoco concibe la influencia del macizo rocoso en el proceso de degradación, sin embargo, resulta una herramienta fundamental dentro del proceso de cierre de canteras como parte de la rehabilitación y la determinación de uso final de espacios minados a partir de los siete indicadores de degradación determinados; herramienta a considerar en la metodología que se propondrá.

López-Kramer et al. (2015), con el objetivo de definir los impactos, proponer las actividades de rehabilitación ambiental y aportar la información que permita a las empresas mineras y a las autoridades regulatorias trabajar en la implementación de un enfoque estandarizado para la elaboración y revisión de los planes de cierre de minas; realizaron la caracterización medioambiental de 12 canteras en explotación de materiales para la construcción ubicadas en las provincias de La Habana, Artemisa y Mayabeque.

Los autores concluyen que los mayores impactos negativos detectados en las canteras estudiadas son los generados por las emisiones de polvo a la atmósfera, los cambios en la topografía, la remoción de los suelos, las afectaciones al recurso hídrico y a la vegetación por deforestación.

Teniendo en cuenta que las canteras estudiadas se encuentran en explotación o están paralizadas temporalmente, no se proponen medidas para el cierre permanente, por lo que las recomendaciones están encaminadas a la mitigación de impactos. Esta investigación aborda de

forma superficial los elementos del cierre de canteras y no considera el contexto cubano ni el enfoque de sostenibilidad de la actividad minera. Sin embargo, es de utilidad para conocer los antecedentes de las explotaciones de canteras existentes en estas provincias.

A partir de los años 60, aparecen las primeras preocupaciones sobre el ambiente en nuestro país, Cuba tuvo una participación activa en la Cumbre de la Tierra, desarrollada en Brasil en el año 1992, en 1994 se crea el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente y se promulga la Ley No. 76 “Ley de Minas”, aprobada en el año 1995, esta tiene como objetivo establecer la política minera y las regulaciones jurídicas de dicha actividad, de manera tal que garanticen la protección, el desarrollo y el aprovechamiento racional de los recursos.

Otro espacio dedicado a la protección del medio ambiente es el artículo 41 inciso c), de la Sección Segunda “De las Obligaciones Generales” de la Ley No. 76, Ley de Minas, que dispone que todos los concesionarios están obligados a: “Preservar adecuadamente el medio ambiente y las condiciones ecológicas del área objeto de la concesión, elaborar estudios de impacto ambiental y planes para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar dicho impacto derivado de sus actividades tanto en dicha área como en las áreas y ecosistemas vinculados a aquellos que puedan ser afectados”. Se refiere además en el capítulo XI, artículos 61 y 62, que el cierre de minas puede ser temporal o definitivo, según se planifique o sea posible reanudar la explotación o no; y total o parcial, según se contemple el cese de las actividades en toda la mina o en parte de ella.

En el artículo 65, inciso c) del propio capítulo, establece la obligatoriedad de los concesionarios de garantizar "las medidas de restauración y rehabilitación del entorno"; y en el artículo 66, incisos g) y h) de dicho capítulo, se indica que los programas de cierre deberán contener el programa de restauración de la superficie afectada y un informe sobre las afectaciones provocadas al medio ambiente que incluya la utilización posterior que se le pudiera dar a las instalaciones mineras subterráneas o a las canteras.

Como complemento a la ley mencionada anteriormente, está el Decreto 222 del 19 de septiembre de 1997, reglamento de la Ley de Minas que en su capítulo XIV, integrado por seis artículos, regula el cierre temporal o definitivo, siempre aprobado por el Ministerio de la Industria Básica, hoy Ministerio de Energía y Minas.

El artículo 81 se refiere al plazo máximo para el cierre temporal y a la obligatoriedad de reanudar las actividades cuando este venza; los artículos 82 y 83 plantean las condiciones a tener en cuenta para el cierre temporal y definitivo, respectivamente; el artículo 84, dispone cómo actuar en caso de cierre definitivo; el artículo 85 dispone qué hacer con los restos de la actividad minera y el artículo 86 informa sobre los períodos en que el titular de una concesión minera podrá paralizar las actividades, según el artículo 58 inciso b) de la Ley de Minas.

Legalmente, el proceso de cierre de minas en Cuba presenta limitaciones en su marco jurídico, pues no existe una ley que especifique todas las regulaciones a tener en cuenta para llevarlo a cabo y, como consecuencia, no constituye una obligación legal. Para el caso de las canteras de materiales para la construcción no solo el concesionario puede asumir esta responsabilidad de restaurar y ejecutar el cierre sino que hay que involucrar a los gobiernos locales y la comunidad aprovechando las oportunidades que brinda el MEC.

Por tanto, su ejecución, actualmente, se realiza siguiendo las instrucciones que dictan la Ley 76 de Minas y su Reglamento Decreto Nro. 222 de 1997, que sólo dedican un escueto e insuficiente capítulo a tan importante actividad. También se realiza basándose en experiencias cubanas y de cierres anteriores de otros países y sustentadas en normas dispersas del ordenamiento jurídico cubano.

Estas limitaciones han traído como consecuencia:

- el incremento de las minas abandonadas y, como consecuencia, la existencia de pasivos ambientales mineros

- ausencia de normativas ambientales que garanticen un cierre en armonía con el medio ambiente y con la sostenibilidad de las comunidades cercanas

De acuerdo con la anterior revisión de literatura científica, no se encuentran reportes científicos que hayan planteado una metodología para el cierre de canteras de materiales para la construcción, que integre de forma sistémica las variables tecnológicas, ambientales, socioeconómicas, culturales y políticas como parte de un proyecto de minería sostenible que se pueda adaptar al Modelo Económico Cubano (MEC).

No se reporta en la literatura consultada referida al contexto nacional el uso de una metodología que integre el marco institucional y regulatorio determinante del modelo económico cubano en la política del cierre de minas en Cuba.

En Cuba ocurre el abandono de minas sin considerar las consecuencias negativas que se pueden producir en el medio ambiente, por carecer de metodologías, tecnologías o guías para efectuar un cierre adecuado.

Todos los aspectos abordados en el análisis bibliográfico, resaltan la necesidad de realizar estudios con enfoques sistémicos que favorezcan la aplicación de instrumentos para la realización del cierre sostenible de canteras de materiales para la construcción en la práctica de la política económica de Cuba.

1.5. El cierre de canteras en el contexto del Modelo Económico Cubano

Las características del MEC propician que un cierre de canteras en Cuba presente diferencias con respecto a la mayoría de los países del mundo en que se realiza este proceso, puesto que las características económicas determinan los intereses de los concesionarios y la metodología que asuman para realizarlo.

En este caso, nuestro país se rige por un modelo económico socialista y funciona esencialmente con empresas estatales, tiene como característica esencial que el Estado cubano es el propietario de las canteras. Ello determina que el cierre de estas, sea una decisión colectiva que depende de

los intereses del Estado, los cuales se fundamentan en la preservación de las conquistas sociales de la Revolución, básicamente, la protección del hombre y el medio ambiente.

Este modelo experimenta un proceso de actualización desde abril de 2011 que se basa en Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución, renovados también en el VII Congreso del PCC en 2016. Estos lineamientos reflejan todo lo concerniente a la actividad minera. Así que, desde la proyección de la explotación de una cantera se debe prever la imbricación de estos lineamientos con toda la vida útil de la misma y hasta su cierre.

Siguiendo este criterio, en un proceso de cierre de canteras se ha de “prestar atención prioritaria al impacto ambiental asociado al desarrollo industrial existente y proyectado” (Lineamiento 179), por lo que se deben “sostener y desarrollar investigaciones integrales para proteger, conservar y rehabilitar el medio ambiente y los recursos naturales que se deben explotar racionalmente” (Lineamiento 158) (Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución, 2016). También se ha de tomar en cuenta la recuperación de la materia prima en existencia o su preservación para posterior uso, para dar cumplimiento al lineamiento 189 y a las leyes minero - ambientales.

Además, se puede concebir la descentralización del nivel de toma de decisiones, fundamentalmente, para el momento posterior al cierre de las operaciones, para que las empresas y el gobierno local adquieran mayor protagonismo como decisores del uso futuro de los recursos y de la reorientación de la actividad económica en función de las necesidades del territorio.

Así podrán proyectar la participación de formas no estatales de propiedad para alargar la vida útil de la cantera desde otros posibles usos, tales como: la creación de cooperativas que empleen a los trabajadores para la minería a pequeña escala, que continúen explotando los materiales que fueron desechados y que pueden usarse en la construcción de viviendas y, como consecuencia, contribuir a solucionar esta problemática de los territorios (Lineamiento 141).

Los gobiernos locales también pueden disponer el arrendamiento de los edificios administrativos de la cantera, de los equipos y de los terrenos para la realización de actividades económicas de la producción de bienes o servicios (producción agrícola, la acuicultura y la recreación) que con el pago de tributos contribuyan al desarrollo social (Lineamiento 13). Estos mismos locales y terrenos también pueden destinarse a la construcción de viviendas u otras obras sociales, en dependencia de las necesidades del territorio.

Otro aspecto a considerar es la realización de proyectos locales que favorezcan el desarrollo de mini – industrias, producciones artesanales o centros de servicio que también aporten a la economía local y al avance social (Lineamiento 17).

La conceptualización del MEC, documento emanado del VII Congreso del PCC en abril de 2016; en sus artículos 218, 223, y 253 aborda transformaciones relacionadas con promover, como parte de la planificación socialista y la gestión del Estado, encadenamientos productivos que mejoren la eficiencia y competitividad de la economía y la promoción del desarrollo integral de los territorios para que supere las principales desproporciones entre ellos.

El papel de los recursos naturales en el MEC visualizado en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030 presentado en el VII Congreso del PCC es visto como un importante potencial para el bienestar de la sociedad y un desarrollo económico y social sostenible. El artículo 174 refiere que a través de la explotación de los mismos se debe mejorar progresivamente la calidad de vida en los asentamientos humanos y disminuir la presión social sobre los ecosistemas.

Según los artículos 175, 177, 181 y 184, los recursos naturales deben contribuir a la seguridad alimentaria del país, a potenciar la eficiencia energética y el desarrollo de fuentes renovables de energía, además, tienen una fuerte relevancia en el mercado interno como sectores dinamizadores del tejido productivo, son generadores de la articulación transectorial con

actividades de la ciencia y la innovación tecnológica en la solución de los problemas ambientales e impactan directa e indirectamente en la generación de empleos productivos.

Conclusiones

- En la literatura internacional revisada no se reporta la realización de un cierre de minas sostenible que integre las dimensiones del desarrollo sostenible en la explotación de recursos naturales. Fundamentalmente se basa en cierre técnico, análisis de riesgos de cierre, estudios de impactos socioeconómicos y ambientales de forma aislada.
- No se reporta en la literatura consultada referida al contexto nacional el uso de una metodología que integre el marco institucional y regulatorio determinante del Modelo Económico Cubano en la política del cierre de minas en Cuba.
- Legalmente el proceso de cierre de minas en Cuba presenta limitaciones en su marco jurídico, pues no existe una ley que especifique todas las regulaciones a tener en cuenta para llevarlo a cabo y, como consecuencia, no constituye una obligación legal.

CAPÍTULO II

CAPÍTULO II. CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD QUE INCIDEN EN EL CIERRE DE CANTERAS DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN EN CUBA

2.1. Introducción

El proceso de cierre de minas depende de diversos criterios que deben ser considerados para lograr la sostenibilidad del mismo. La identificación de los principales criterios e indicadores ambientales, económicos y sociales que inciden en el proceso de cierre sostenible resulta novedoso debido a que estos constituyen la base para establecer una metodología, que permita realizar satisfactoriamente el proceso de cierre sostenible de las actuales y futuras explotaciones de canteras de materiales para la construcción en función de las prioridades establecidas en el nuevo modelo económico cubano.

2.2. Elaboración del algoritmo para elaborar la propuesta metodológica del cierre de canteras

Los fundamentos teóricos seguidos para la elaboración de la metodología para el cierre sostenible de canteras de materiales para la construcción en el contexto del Modelo Económico Cubano (MEC) se muestran en el algoritmo de la figura 2.1 y comprende el estudio del MEC, las dimensiones de la sostenibilidad, y la determinación de los criterios para realizar un cierre sostenible de canteras de materiales para construcción a través de la aplicación del Método Delphi.

Descripción del algoritmo

- **Análisis del Modelo Económico Cubano (MEC)**

Se parte del análisis del contexto en el cual se desenvuelve la economía cubana, diferente al resto del mundo por su carácter socialista y que presta su mayor atención a la transformación de las fuerzas productivas como eje central del desarrollo del país.

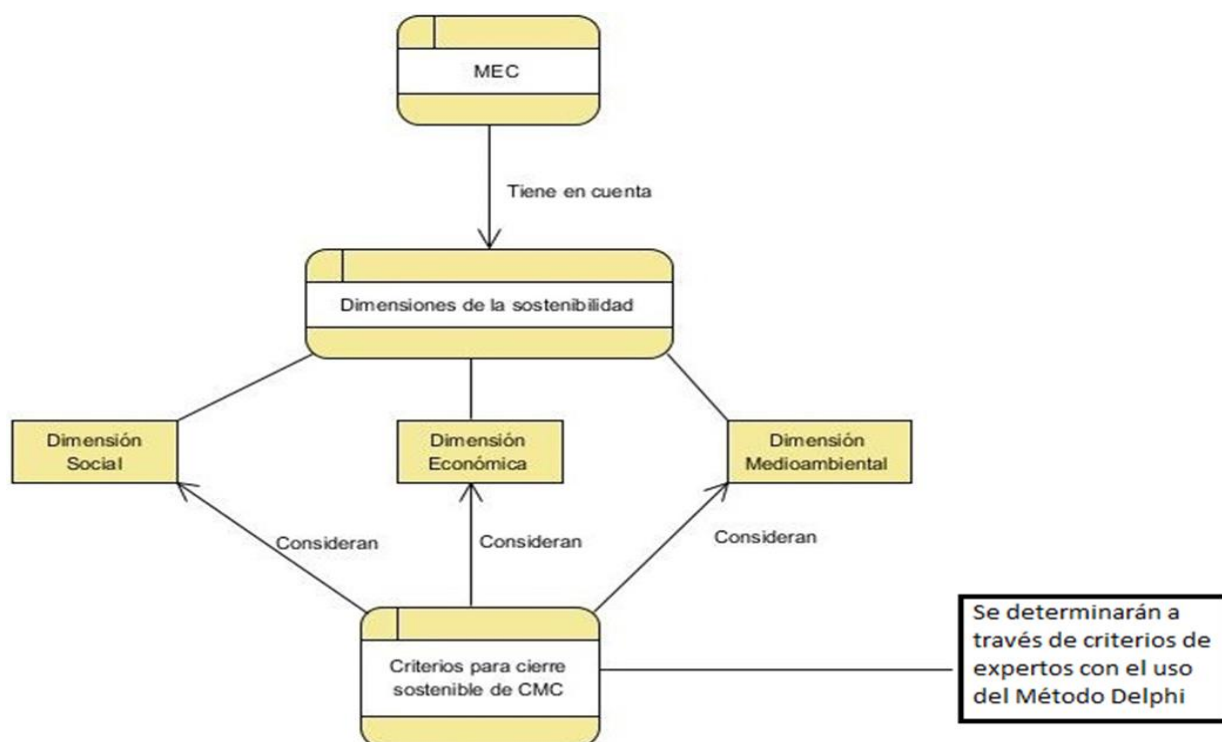


Figura 2.1. Algoritmo de fundamentos teóricos

Siguiendo la proyección socioeconómica de la nación hasta el 2030, se considera que los presupuestos a tener en cuenta son los siguientes: propiedad social sobre los medios fundamentales de producción; alto grado de centralización de la economía, con un creciente aumento del papel de los territorios en el nuevo escenario socioeconómico; economía planificada con alto nivel de control por parte del Estado, en representación de los intereses de todos los grupos sociales; Estado de Derecho con alto nivel de organización de las instituciones reguladoras del funcionamiento de la economía; sociedad con alto nivel de desarrollo social, sobre todo, en salud pública y educación.

- **Estudio de las dimensiones de la sostenibilidad**

Se considera que en los presupuestos teóricos del desarrollo sostenible se encuentran las variables imprescindibles para una propuesta de cierre adecuada al contexto cubano.

En el proceso de actualización que experimenta el MEC desde abril de 2011 y las leyes minero-ambientales, en un proceso de cierre de canteras se han de tener en cuenta los lineamientos 218, 133 y 233 referidos a impacto ambiental, protección del medio ambiente y racionalización de los recursos naturales respectivamente.

También se deben adoptar acciones que tomen en cuenta las nuevas medidas económicas que conciben la descentralización de la economía; la participación de formas no estatales de propiedad; el arrendamiento de locales, terrenos y equipos y la reorientación del uso de los recursos para solucionar los problemas de la vivienda y producir bienes o servicios (Lineamientos 168 y 21).

Desde la etapa de reconocimiento del proyecto se ha de enfatizar en la reinserción de los recursos humanos empleados en el momento del cierre de la cantera, así como, los tecnológicos. Para ello, se debe elaborar una herramienta inteligente que contenga sus perfiles y se deben determinar, las actividades alternativas que pueden desarrollarse en la misma empresa o en las de las cadenas productivas locales.

2.3. Identificación y caracterización de los criterios que inciden en el cierre sostenible de canteras

Del análisis realizado en las diferentes fuentes bibliográficas, se estableció que la metodología a emplear en el proceso de identificación y la selección de los criterios e indicadores que influyen en el cierre sostenible de canteras deben ser evaluados por la consulta a expertos mediante el Método Delphi, por la fiabilidad que este ofrece.

Los criterios que influyen en el cierre de minas fueron sometidos a los expertos para seleccionar aquellos que inciden directamente en el cierre sostenible de canteras.

El referido método permite definir cuáles aspectos serán tomados en consideración para la elaboración de la metodología, a partir de la identificación de los criterios e indicadores, como

una de las exigencias principales para el cierre sostenible de canteras de materiales para la construcción.

El método Delphi permite determinar el número de expertos en dependencia del error estimado, el nivel de precisión y confianza deseada, además de admitir y elegir los expertos en función de su experiencia y competitividad.

2.4. Aplicación del Método Delphi

Para la aplicación del método se siguieron los pasos que se exponen a continuación:

1. Elaboración del cuestionario
2. Determinación del número de expertos
3. Selección de los expertos
4. Realización de las rondas para obtener el consenso de los expertos
5. Evaluación de los resultados a partir de la prueba de hipótesis

2.4.1. Elaboración del cuestionario

Para la elaboración del cuestionario, constituye una exigencia la identificación de los criterios a tener en cuenta para la elaboración de un plan de cierre sostenible de canteras de materiales para la construcción. Con este fin se aplicó el método grupal *Brain Storming o Tormenta de Ideas* para obtener una propuesta de criterios acertada, de acuerdo con la necesidad planteada.

El método requiere de un grupo de participantes capaces de aportar soluciones al problema que se estudia, guiados y estimulados eficazmente por un facilitador y auxiliado por uno o más registradores.

El grupo quedó conformado por especialistas con experiencia en el tema objeto de estudio de la producción, del Ministerio de la Construcción, el Ministerio de Energía y Minas y del Ministerio de Educación Superior, este último representado por profesionales del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa y la Universidad de Pinar del Río.

El procesamiento de la información obtenida de la aplicación del método, permitió identificar 13 criterios a considerar en la elaboración de una metodología para el cierre sostenible de canteras, los cuales se relacionan a continuación.

Propuesta inicial de criterios para el cierre sostenible de canteras:

1. Ciclo de vida de la mina (CV)
2. Actualización de la base minera (BM)
3. Seguridad de la mina y sus instalaciones (SM)
4. Gestión ambiental minera (GM)
5. Evaluación de riesgo de cierre (ER)
6. Estudio técnico económico del cierre de canteras (EE_C)
7. Utilización de los espacios minados (UE_M)
8. Rehabilitación minera (RM)
9. Plan de cierre de las actividades mineras (PC)
10. Reubicación de la fuerza de trabajo (R_{FT})
11. Determinación de las actividades a realizar en los distintos tipos de cierre (AC)
12. Tratamiento legal del proceso de cierre de cantera (TL)
13. Monitoreo en el post cierre (M_{PC})

A partir del listado de los criterios a considerar para efectuar el cierre sostenible de canteras, se elaboró el cuestionario para aplicarles a los expertos (Anexo 2).

2.4.2 Determinación del número de expertos

Una vez elaborado el listado de criterios, se realizó cálculo del número de expertos mediante la expresión 1 y la selección de estos.

$$M = \frac{p(1-p)k}{e^2} \quad (1)$$

Donde:

M: número de expertos

e: nivel de precisión que se quiere alcanzar (se recomienda entre 0,14 y 0,5)

p: proporción estimada del error (valor entre 0 y 1)

Para un nivel de confianza del 95 % ($1-\alpha= 0,95$), se toma $k = 3,84$. A partir de los valores aportados por Martin (2006).

Adoptando: $e = 0,18$ y $p = 0,1$, se obtiene al sustituir en la expresión (1) que:

$M= 10,66$, por lo que se necesitan 11 expertos.

Los expertos seleccionados pertenecen a prestigiosas instituciones docentes, de investigación y empresas nacionales e internacionales, las cuales se relacionan a continuación:

Expertos consultados

- Centro de Tecnología Mineral de Brasil, CETEM (un especialista)
- Empresa de Canteras (un especialista)
- Oficina Nacional de Recursos Minerales, ONRM (un especialista)
- Instituto de Geografía Tropical, I G T (un especialista)
- Universidad de Huelva, España (un especialista)
- Explomat (un especialista)
- Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, ISMM (un especialista)
- Instituto de Geología y Paleontología, IGP (un especialista)
- Universidad de Matanzas (un especialista)
- Universidad Nacional de Colombia (un especialista)
- Centro de Proyectos del Níquel, CEPRONIQUEL (un especialista)

2.4.3. Selección de los expertos

Para determinar el coeficiente de competencia de los 11 expertos seleccionados preliminarmente, se envió el cuestionario (Anexo 3), y se calculó su coeficiente de competencia, a partir de la evaluación para cada uno de los aspectos que se muestran en la tabla 2.1.

Los cálculos y valores de referencia para los intervalos de clasificación de los coeficientes en la aplicación del método se realizaron a través de las recomendaciones ofrecidas por Legrá y Silva (2012).

Tabla 2.1. Aspectos para la evaluación de los expertos y rango patrón de valores (Tomado de: Legrá y Silva, 2012).

Fuentes de argumentación	Evaluación		
	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados	0,3	0,2	0,1
Experiencia obtenida	0,5	0,4	0,2
Trabajos de autores nacionales que conoce	0,05	0,04	0,03
Trabajo de autores extranjeros que conoce	0,05	0,04	0,03
Conocimientos propios sobre el estado del tema	0,05	0,04	0,03
Su intuición	0,05	0,04	0,03

La determinación del coeficiente de competencias (K_{comp}) se obtuvo con la aplicación de la fórmula:

$$K_{comp} = \frac{K_c + \alpha K_a}{1 + \alpha} \quad (2)$$

Donde:

K_c : es el coeficiente de conocimiento que resulta del promedio de los valores que admite tener el experto sobre el tema (evaluación promedio que el propio experto realiza de sí mismo, teniendo en cuenta los aspectos de la tabla 1).

K_a : coeficiente de argumentación (es el promedio de las evaluaciones que sobre el candidato dan el resto de los expertos).

De la aplicación de esta expresión se obtuvo un coeficiente de competencia promedio K_{comp} de 0,94. Los expertos seleccionados poseen un alto nivel de competencia (Anexo 4) y proceden de prestigiosos centros de educacionales e investigación (Anexo 4.1).

2.4.4. Realización de las rondas para obtener el consenso de los expertos

Las encuestas confeccionadas se enviaron a los expertos para obtener criterios cualitativos en una primera ronda y cuantitativos en las rondas dos y tres, lo que permite obtener una unidad de criterios acerca de los aspectos que mayor incidencia tienen en los procesos analizados.

- *Primera ronda para obtener un consenso de criterios*

En esta ronda se somete el cuestionario elaborado al criterio de los expertos (Anexo 2), para seleccionar los más importantes a considerar para el cierre de canteras. Se analizaron los criterios propuestos y fueron adicionados cuatro por sugerencia de los expertos: Aspectos culturales, sociales y económicos en el entorno de la cantera, existencia de valores patrimoniales y existencia de reservas del material explotado. Finalmente se aceptan 17 criterios que pasaron a la siguiente ronda y se relacionan a continuación.

Criterios seleccionados por los expertos que pasarán a la 2da ronda

1. Ciclo de vida de la mina (CV)
2. Actualización de la base minera (BM)
3. Seguridad de la mina y sus instalaciones (SM)
4. Gestión ambiental minera (GM)
5. Evaluación de riesgo de cierre (ER)
6. Estudio técnico económico del cierre de canteras (EE_C)
7. Utilización de los espacios minados (UE_M)
8. Rehabilitación minera (RM)
9. Aspectos culturales en el entorno de la cantera (ACult)
10. Aspectos sociales y económicos en el entorno de la cantera (ASC)
11. Existencia de valores patrimoniales (VP)
12. Tratamiento legal del proceso de cierre de cantera (TL)
13. Monitoreo en el post cierre (MPC)

14. Plan de cierre de las actividades mineras (PC)
15. Reubicación de la fuerza de trabajo (RFT)
16. Determinación de las actividades a realizar en los distintos tipos de cierre (AC)
17. Existencia de reservas del material explotado (Rme)
 - *Segunda ronda para determinar los criterios que inciden en el cierre sostenible de canteras*

En esta ronda primeramente se obtienen las tablas de frecuencia absoluta (Anexo 5.1); frecuencia acumulada (Anexo 5.2) y frecuencia relativa acumulada (Anexo 5.3). Para la confección de esta última se dividió el valor de cada celda de la tabla del anexo 5.2 entre el número de expertos consultados, en este caso 11. El cociente de esta división se aproximó hasta las diez milésimas. Se eliminó la última columna porque se trata de cinco categorías y se requieren 4 puntos de corte (Anexo 5.4).

Posteriormente, se buscan las imágenes de cada uno de los valores de las celdas de la tabla del anexo 5.3, por la inversa de la curva normal (Anexo 5.4) y se comparan los resultados obtenidos en cada uno de los ítems que se consultaron, con los respectivos puntos de cortes, para llegar a conclusiones sobre la categoría en que los expertos coinciden en ubicar el ítems sometido a su criterio (Anexo 5.5).

Se obtuvo coincidencia entre los criterios seleccionados por los expertos, con los aspectos previamente considerados por el autor para el cierre sostenible de canteras de materiales para la construcción. En esta ronda se sometieron al proceso de selección 17 criterios y se eliminaron los que recibieron menor apoyo de los expertos. Las categorías evaluativas empleadas fueron, en orden descendente: muy adecuado (MA), bastante adecuado (BA), adecuado (A), poco adecuado (PA) e inadecuado (I). Se seleccionaron 12 criterios que pasaron a la tercera ronda.

- ***Tercera ronda para obtener la influencia de cada indicador seleccionado***

Se sometieron los 12 criterios al juicio de los 11 expertos, los que se ordenaron desde 1 a 12 (mayor a menor influencia) (Anexo 6).

Con las evaluaciones realizadas por cada experto, se determinó el grado de concordancia entre ellos a través del coeficiente de Kendall (K) cuyo valor oscila entre 0 y 1. Se considera que cuando $K > 0.7$ existe concordancia entre los expertos, cuando $K < 0.4$ no existe concordancia y si K está entre 0.4 y 0.7 no se puede definir si existe o no concordancia entre los expertos.

$$K = \frac{12 \sum_{j=1}^P (S_j - S_{med})^2}{M^2 (P^3 - P)} \quad (3)$$

Donde:

(P) Número de criterios que se valoran;

(M) Cantidad de expertos encuestados;

(S_i) Suma de los valores asignados por los expertos a cada criterio i;

(S_{med}) Valor medio de (S_i) con respecto al número de criterio P.

Del procesamiento de las encuestas se obtuvo el siguiente valor del coeficiente de Kendall: $K=0.85$ confirmando la existencia de elevada concordancia entre los expertos.

- ***Evaluación de los resultados a partir de la prueba de hipótesis***

Finalmente, se realizó una prueba de significación para determinar la concordancia entre los criterios expresados por los expertos. Al respecto, se definen las siguientes hipótesis con un nivel de significación de 0,05:

Hipótesis nula: (H₀): No existe consenso entre los expertos en relación con los criterios emitidos (K=0).

Hipótesis alternativa: (H₁): Los expertos están de acuerdo, hay consenso entre ellos (K≠0).

Criterio de decisión:

Si: $\chi^2_{\text{Calculada}} < \chi^2_{\text{Tabulada}}$, entonces se acepta H_0

Si: $\chi^2_{\text{Calculada}} > \chi^2_{\text{Tabulada}}$, entonces se rechaza H_0

De la tercera ronda se obtuvo que $K= 0,85$, lo que permite calcular

$$\chi^2_{\text{Calculada}} = M (P-1) K. \quad (4)$$

$$\chi^2_{\text{Calculada}} = 102.85$$

$$\chi^2(0,05, 11) = 19,6752$$

Puesto que $\chi^2_{\text{Calculada}} > \chi^2_{\text{Tabulada}}$ se rechaza la Hipótesis Nula (H_0), por lo que se puede afirmar que existe concordancia entre los expertos.

Los expertos determinaron, a partir del análisis realizado, que los criterios a tener en cuenta para la realización de un cierre sostenible en canteras de materiales para la construcción en orden son los siguientes:

- 1) Ciclo de vida de la mina (CV)
- 2) Tratamiento legal del proceso de cierre de cantera (TL)
- 3) Gestión ambiental minera (GM)
- 4) Estudio técnico económico del cierre de canteras (EEC)
- 5) Actualización de la base minera (BM)
- 6) Aspectos sociales y económicos en el entorno de la cantera (ASC)
- 7) Evaluación de riesgo de cierre (ER)
- 8) Rehabilitación minera (RM)
- 9) Utilización de los espacios minados (UEM)
- 10) Aspectos culturales en el entorno de la cantera (ACult)
- 11) Seguridad de la mina y sus instalaciones (SM)
- 12) Existencia de valores patrimoniales (VP)

2.5. Valoración de los criterios para la realización de un cierre sostenible en canteras de materiales para la construcción

- Ciclo de vida de la mina (CV)

La comprensión del cierre de minas involucra entender el ciclo de vida total de la mina. El aprovechamiento de los recursos mineros pasa por las etapas de exploración, construcción, operación y cierre progresivo. Una mina, además, puede tener varias zonas productivas y diversas actividades dentro de toda su área geográfica. Cuando una de estas deja de operar, se procede a su cierre, dicha acción se considera como un cierre progresivo.

En Cuba la Ley 76, “Ley de Minas” plantea en su artículo 12 lo siguiente y cito:

Artículo 12.- Para los efectos de aplicación de esta Ley, la actividad minera se divide en las siguientes fases:

- a) Reconocimiento.
- b) Investigación Geológica: que se divide en las subfases Prospección y Exploración.
- c) Explotación.
- d) Procesamiento.
- e) Comercialización.

Aunque se establecen las fases de la actividad minera, hay que señalar que en Cuba nunca se ha considerado el cierre de minas como uno de los procesos mineros a realizar como parte de la explotación y al considerarlo al final de la explotación ha traído consigo que al concluir las labores mineras se abandonen las minas y se conviertan en pasivos mineros.

En el mejor de los casos se han planteado luego de años de abandono de diferentes minas, proyectos de cierres que no han podido ser ejecutados por falta de presupuesto al no haber considerado el cierre como un proceso minero más ni tomado en cuenta el ciclo de vida de la mina.

Por tal razón, es aconsejable plantear, a propuesta del autor, la vinculación de las fases mineras con la elaboración del plan de cierre desde el comienzo de la explotación a través del ciclo de vida de una cantera de materiales para la construcción, considerando la Ley 76. Ley de minas (figura 2.2) adaptada de “Metal Mining Sustainable Development North America”, una actividad desarrollada por el proyecto “Global Mining Initiative” (GMI). 2002.

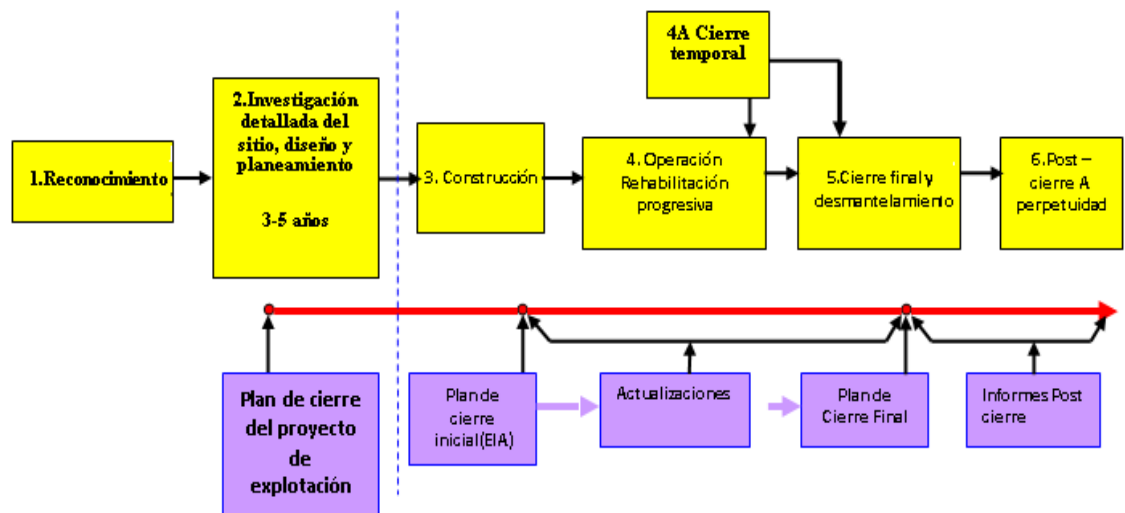


Figura 2.2. Ciclo de vida de una cantera de materiales de construcción considerando la Ley 76. Ley de minas. Adaptada de “Metal Mining Sustainable Development North America”, una actividad desarrollada por el proyecto “Global Mining Initiative” (GMI).

- **Actualización de la base minera (BM):**

La explotación minera debe estar sustentada sobre el estudio de las características geomecánicas del macizo rocoso, de los elementos de yacencia del cuerpo mineral y de otros factores geólogo-mineros que deben ser caracterizados en la medida que avanzan los trabajos mineros.

El perfeccionamiento de la actividad minera en general, constituye un punto de vital importancia. Es por ello que tanto en las operaciones principales como en las auxiliares de la explotación del yacimiento se toman medidas para lograr este objetivo. Para cumplimentarlo, es necesario utilizar tecnologías y sistemas de explotación de avanzada, desde las etapas iniciales de los proyectos mineros, a partir del conocimiento integral del macizo, de manera que se garantice un

mínimo de afectaciones al medio ambiente y que permitan alcanzar elevados índices de extracción de rocas, con un mínimo costo.

Otra operación compleja que se debe tener en cuenta es la selección y aplicación correcta de los métodos de explotación del yacimiento. En este sentido se toman como base los factores que influyen en la selección de un determinado método de explotación, (Propiedades físico-mecánicas de la roca, elementos de yacencia, relieve, producción planificada de la cantera, reservas geológicas existentes, morfología de los cuerpos minerales, equipamiento disponible, nivel de conocimiento del macizo y factibilidad económica para explotar).

- **Seguridad de la mina y sus instalaciones (SM)**

Para alcanzar un status superior de desarrollo, es importante mantener la integridad física, psíquica e intelectual de los trabajadores y directivos de la cantera. Sin embargo, la práctica ha demostrado que esto no siempre es así. Generalmente, por razones tecnológicas, económicas o de producción, se incurre en violaciones de las medidas de seguridad.

El contenido de polvo, en la atmósfera generado principalmente por la circulación de los medios de transporte, carga y procesamiento de la roca en las plantas de preparación mecánica afectan la salud de los trabajadores en los frentes de trabajo, por consiguiente, afecta también las condiciones de seguridad e higiene en la actividad en cantera. En tal sentido, es importante tener presente la seguridad máxima de los trabajadores y las instalaciones, con el fin de lograr una máxima producción y mejores condiciones de trabajo.

Otro factor que se debe tener en cuenta para lograr un perfeccionamiento de las condiciones de seguridad de la mina lo constituye el empleo de medios y equipos mineros seguros. El equipamiento minero produce también afectaciones al hombre y al medio ambiente. El ruido generado por los equipos (perforadoras, cargadores frontales, camiones, motores eléctricos de la planta de procesamiento), en ocasiones, supera a los 60-70 decibeles, con lo que afecta al hombre que lo opera y a los que se encuentran en el frente de trabajo.

Los concesionarios del Ministerio de la Construcción (MICONS) tienen sus propios Reglamentos de Seguridad y Salud del Trabajo (SST) y cumplen con estos durante la explotación de canteras; solo queda incluir la SST en las etapas del cierre de canteras para cumplir con lo establecido en la Ley de Minas referido a la obligatoriedad de todo concesionario de garantizar las medidas de seguridad de la mina y sus instalaciones, equipos y evitar posibles accidentes de personas, incendios y averías, durante todo el período de cierre y hasta la extinción de la concesión. De ahí, la importancia de considerar este criterio para lograr el cierre sostenible de canteras de materiales para la construcción.

- **Gestión ambiental minera (GM)**

Un buen Sistema de Gestión Ambiental (SGA) debe considerar en su diseño, implementación y operación, las informaciones y recomendaciones entregadas por la EIA y por su proceso de evaluación. Puesto que dicho estudio tendría que considerar los aspectos esenciales concernientes al futuro cierre, ellos deberían ser naturalmente incorporados a la operación del SGA, en particular, en la fijación de sus objetivos y metas.

Además, ello debería ocurrir naturalmente en el contexto de un cierre progresivo, donde se va asegurando el cierre estable de labores mineras y los depósitos de desechos sólidos, que no se utilizarán en el futuro.

Por otra parte, el SGA debe prestar especial atención a los signos precoces de problemas que dificultarán el futuro cierre, como la intensificación de la erosión, la incorrecta deposición de la capa vegetal y creación de escombreras, el mal diseño de la mina y otros. (Oyarzún Muñoz, 2008).

La implantación de un SGA en la cantera, propiciará identificar los impactos más significativos provocados por la actividad minera desde el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), lo que debe ser considerado en el cierre planeado.

- **Evaluación de riesgo de cierre (ER)**

Los fundamentos de la evaluación de riesgos de cierre son resumidos por Kaplan y Garrick (1981):

Al analizar el riesgo estamos intentando imaginar cómo sería el futuro si tomáramos un determinado curso de acción (o inacción).

Fundamentalmente, un análisis de riesgos comprende los siguientes pasos:

- a) Identificación y estudio de riesgos.
- b) Estudio de la exposición al riesgo.
- c) Estudio de las consecuencias.
- d) Caracterización de los riesgos.

a) Identificación y estudio de riesgos:

En el paso a) se identifican los riesgos asociados con la situación específica de cada cantera; por ejemplo, se efectúa una investigación de los desechos y rocas sobredimensionadas que van a ser colocados en un depósito, o las aguas a ser descargadas de una planta de tratamiento. Los elementos que motivan impactos negativos al ambiente, la seguridad, la comunidad., son identificados y se describen los riesgos que pueden representar para cada componente de riesgo a analizar.

b) Estudio de la exposición al riesgo:

El siguiente paso en la evaluación cualitativa del riesgo es realizar una evaluación de la exposición: para cada modo de falla potencial una sustancia que representa un riesgo. Un sedimento puede ser transportado desde su punto de descarga hasta un lugar donde impacte sobre el medio ambiente. El transporte puede efectuarse a través de diversos medios como tierra, agua superficial, agua subterránea y aire.

La exposición que sufren los sistemas ambientales puede ser a través de medios físicos como el sedimento que cubre a la tierra y la vegetación de manera directa o vertido en arroyos. Los

elementos del estudio de la exposición que deben considerarse incluyen mecanismos de fallas, eventos iniciadores, riesgos relativos de descarga, magnitud de la descarga, duración de la descarga, recorridos y ecosistema en riesgo.

c) Estudio de las Consecuencias:

Este paso consiste en evaluar las consecuencias o impactos de un riesgo después de la descarga y la exposición de un ecosistema local, por ejemplo, las consecuencias que acarrearán para los peces el arrojamiento de metales pesados en un arroyo.

En el estudio de consecuencias formula la interrogante:

- Si llega a suceder, ¿cuáles son las consecuencias?

d) Caracterización de Riesgos:

El último paso es caracterizar el riesgo asociado con cada modo de falla sobre la base del estudio de riesgos, el estudio de la exposición y el estudio de las consecuencias.

Esta evaluación es apropiada cuando los resultados seguros a largo plazo de las medidas de cierre son esenciales para proteger la salud pública o la seguridad del medio ambiente (Oyarzún, 2008).

Para desarrollar este criterio, se utiliza el modelo de gestión de riesgos propuesto por Laurence (2005) que calcula el factor de riesgo de cierre (CRF) el cual representa una medida cualitativa y cuantitativa que capta los distintos componentes de riesgo significativos de cierre de la mina.

Estos componentes pueden ser ampliamente divididos en:

Riesgos ambientales (RMA)

Riesgos de seguridad y salud (RSH)

Riesgo social y a la comunidad (RSC)

Riesgo del uso final de la tierra (RLU)

Riesgos legales y financieros (RLF)

Riesgos técnicos (RT)

El factor de riesgo de cierre es simplemente la suma de estos riesgos individuales. La relación puede ser expresada por una ecuación lineal simple:

$$CRF = \Sigma(RMA + RSH + RSC + RLU + RLF + RT) \quad (5)$$

- **Estudio técnico económico del cierre de canteras (EEC)**

Se requiere además de una adecuada caracterización de la comprensión de las condiciones del yacimiento para efectuar predicciones realistas sobre los costos de cierre.

Durante la vida útil del proyecto se deberán efectuar actualizaciones periódicas de las estimaciones de costos de cierre, así como, conocer la relación conceptual entre los costos y los gastos de cierre durante la vida del proyecto minero. El costo de cierre total durante sus etapas muestra dos enfoques alternativos:

- Cierre al final del proyecto: Todas las actividades de cierre son diferidas hasta el final de las labores mineras, a fin de maximizar el valor actual de los recursos.
- Recuperación Concurrente/Diseñada para el Cierre: El cierre y la rehabilitación ocurren durante la vida operativa de la instalación. Las actividades de cierre concurrentes son incorporadas en las prácticas operativas, con lo que se reduce el costo total del cierre y el potencial de implementación de medidas de remedio.

Las actividades de cierre concurrentes tienden a aumentar los gastos durante la vida del proyecto mientras se disponga de ingresos. El cierre de fin del proyecto requiere de fuertes gastos en un momento en el que el proyecto ya no está generando ingresos.

Los costos estimados de recuperación concurrentes y de cierre específicos para cada yacimiento deben estar incluidos en el plan de cierre. Los costos estimados deberán ser actualizados anualmente y reflejar el valor neto actual al momento de su preparación.

Debe calcularse el costo de los planes de cierre de proyecto que requieren de mantenimiento permanente después de la implementación de medidas de cierre a fin de que incluyan los costos

de mantenimiento y reemplazo. Además, los costos del monitoreo ambiental después del cierre deben ser incluidos dentro de los costos de cierre estimados.

- **Utilización de los espacios minados (UEM)**

Este criterio considera los siguientes aspectos: Uso previsto de esta tierra después del cierre, nivel de impacto ambiental, productividad de la tierra colindante con el lugar y los riesgos físicos naturales en el área, la densidad de la población de los alrededores y la facilidad de acceso al lugar.

Debe definirse el uso que se pretende dar a la tierra para permitir un desarrollo sostenible de las comunidades durante las operaciones mineras, así como, después del cierre de las minas.

Para minimizar el potencial de una rehabilitación costosa, es decisivo planificar el cierre y predecir razonablemente los futuros de la tierra. Los usos futuros de la tierra para el desarrollo de comunidades requieren de la protección de los recursos de agua y la estabilidad física de áreas sometidas a labores mineras.

- **Rehabilitación minera (RM):**

Aplicar medidas rehabilitadoras a partir de un plan previamente analizado con profundidad y aprobado por las autoridades competentes.

De manera general, la etapa de cierre de minas debe incluir como parte de la rehabilitación minera, acciones como: cierre de accesos, estabilización física y restablecimiento del uso del suelo (Cartagena, 2007):

Además, deben tenerse en cuenta criterios técnicos (abarca las tecnologías, equipos y medios necesarios para ejecutar la rehabilitación), económicos (tienen en cuenta los gastos que se generen en los procesos de recuperación, mantenimiento de las técnicas implementadas y los de la etapa de seguimiento) y ambientales (para elegir la técnica que elimine los riesgos más inmediatos para la salud y la seguridad de las personas, así como, de los diferentes ecosistemas presentes en el área). Todos ellos justifican la elección de las técnicas de rehabilitación.

- **Aspectos culturales en el entorno de la cantera (ACult)**

El considerar los aspectos culturales en el entorno de la cantera, posibilita la evaluación de las tradiciones de la comunidad, la influencia de la explotación de canteras en la dimensión cultural de los trabajadores y su familia, además del conocimiento técnico, forma de actuar y pensar para luego que cierren las operaciones, mantener el desarrollo cultural en el lugar donde está enclavada la cantera.

Todo esto se integra con los aspectos socioeconómicos de la zona donde se realiza la explotación para, con el cierre de la cantera lograr transferir a las futuras generaciones el legado de la cultura minera a la región.

- **Aspectos sociales y económicos en el entorno de la cantera (ASC)**

Se consideran los aspectos que resaltan los principales elementos que la empresa, el gobierno y las comunidades deben estudiar para mitigar los efectos adversos sociales del cierre de cantera, al citar aspectos tales como: salarios, movilidad de trabajadores, entrenamiento de habilidades para la futura reinserción, bienestar físico y mental y fuentes alternativas de empleo, luego de realizado el cierre.

La aplicación de encuestas o las consultas a la población local puede aportar elementos significativos a considerar, que la empresa pudiera no tener en cuenta en su valoración. Estos aspectos deben ser evaluados desde antes de la implantación del proyecto de explotación de la cantera, pero es conocido que la situación cambia mucho durante los años de la explotación.

- **Existencia de valores patrimoniales (VP)**

Otro elemento a tener en cuenta, es la posible importancia de la mina desde el punto de vista del patrimonio que en ella existe, el cual se considera como elemento de valor histórico. Todo lo anterior trae consigo una vinculación estrecha con la comunidad, por lo que son aspectos que tienen, además de un significado económico y ambiental, un alto valor social.

El indicador de patrimonio geológico y minero valora, a partir del uso que se le brinda a los elementos patrimoniales geológicos y mineros de la cantera en los que aparecen reflejados datos de notable interés históricos, sociales, económicos, ambientales, y culturales, que es necesario preservar.

- **Tratamiento legal del proceso de cierre de cantera (TL)**

Es preciso conocer y hacer valer por parte de los concesionarios las leyes minero- ambientales y las vinculadas con todo el proceso de cierre, lo cual permitirá un mejor accionar legal para lograr un cierre sostenible.

Considerando que en Cuba no existe instrumento legal para el cierre de minas y el tratamiento dado por la Ley 76 de Minas y su reglamento no es suficiente para lograr que los concesionarios planifiquen desde la confección del proyecto de explotación el plan de cierre de la cantera; se propone realizar un estudio, con vista a definir el conjunto de regulaciones a considerar para lograr el cierre de cantera.

Por tanto, la cantidad de obligaciones legales cumplidas como indicador a considerar, se estima teniendo en cuenta el cumplimiento, por parte de la entidad minera, de aquellas regulaciones y responsabilidades asignadas y establecidas por los organismos superiores competentes.

Conclusiones

- Se propuso un algoritmo que posibilitó la determinación de los criterios de sostenibilidad para el diseño de una metodología para el cierre de canteras de materiales para la construcción en el contexto del MEC.
- Se consideraron las características esenciales del MEC, las dimensiones de la sostenibilidad y a partir de la utilización del método Delphi con el criterio de los expertos, se establecieron los 12 criterios que inciden directamente en el cierre sostenible de canteras.

CAPÍTULO III

CAPITULO III. METODOLOGÍA PARA EL CIERRE SOSTENIBLE DE CANTERAS DE MATERIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN EN CUBA

3.1. Introducción

A partir del estudio anterior de la problemática relacionada con el cierre de minas, en especial el de canteras, considerando que las investigaciones no analizan de forma integradora los aspectos sociales, económicos, ambientales, técnicos y de riesgos del cierre; y teniendo en cuenta las particularidades del MEC, se determinaron los criterios a tener en cuenta para realizar el cierre sostenible de canteras en Cuba. Esto permitió elaborar una metodología para el cierre de canteras de materiales para la construcción en el contexto del MEC.

3.2. Metodología para el cierre sostenible de canteras en el contexto del modelo económico de Cuba

Con la aplicación dicha metodología se debe alcanzar la realización de un cierre sostenible de canteras que muestra sus etapas y su contenido en la figura 3.1.

La concepción de la metodología responde a premisas que la sustenten desde el punto de vista teórico como las siguientes:

- Que se estructure de manera tal que permita alcanzar las transformaciones deseadas.
- Que modele un proceso futuro de cierre de canteras que responda a objetivos definidos.
- Que se base en una necesidad social, económica y cultural del país.
- Que se concrete en acciones que permitan obtener cambios cuantitativos y cualitativos de forma general.

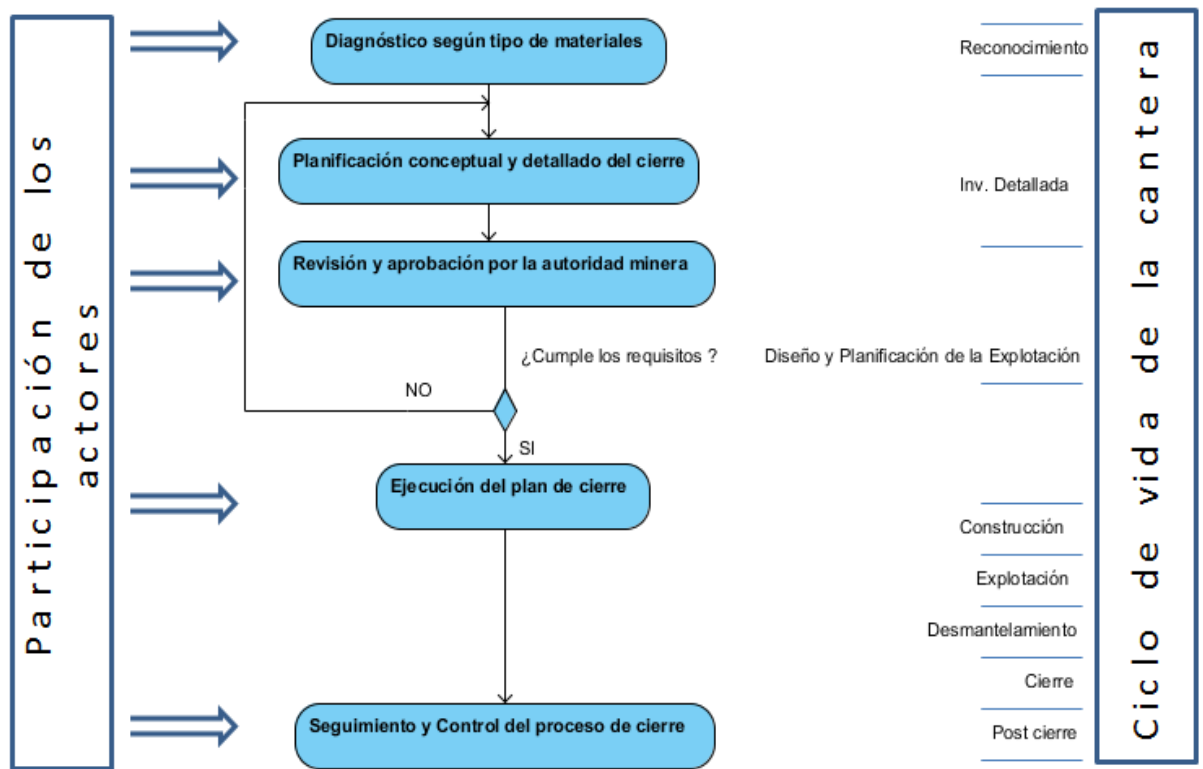


Figura 3.1. Metodología general para el cierre sostenible de canteras de materiales para la construcción.

3.2. Estructura de la metodología

La metodología propuesta, parte de la situación en la que la planificación del cierre comienza en una fase temprana del ciclo de vida de la cantera y con la participación activa de los actores (comunidad-empresa-gobierno). Sin embargo, se considera que es aplicable en las canteras que ya han atravesado un período de vida útil sin planes del cierre.

Bajo estas circunstancias, será necesario un esfuerzo adicional para poder aplicar la metodología en un lapso de tiempo más corto y permitir, a los concesionarios de la cantera, la elaboración de un plan de cierre lo más detallado posible, que sea práctico en su aplicación, para desarrollarlo con el conocimiento disponible de la situación económica de Cuba y que se pueda detallar el conocimiento que aún es necesario para avanzar en el plan de cierre, así como implementar un plan que utilice este conocimiento con eficacia.

A partir de los criterios que inciden en el cierre sostenible de canteras determinados anteriormente, se estructura la metodología en cinco etapas:

Etapa I. Diagnóstico según tipo de material a explotar

Etapa II. Planificación conceptual y detallada del cierre sostenible

Etapa III. Revisión y aprobación por la autoridad minera

Etapa IV. Ejecución del plan de cierre

Etapa V. Seguimiento y control del proceso de cierre.

3.2.1. Diagnóstico según tipo de material a explotar

Para realizar el diagnóstico propuesto, según el tipo de material, hay que considerar cuatro de los criterios determinados con sus indicadores, para lograr un detalle necesario de la actividad minera a realizar o realizada. Para esto, es necesario tomar como base la Ley 76 y su reglamento, el proyecto de explotación, el capítulo 09 del Manual de gestión empresarial y determinados artículos científicos que refieren cómo realizar la evaluación de riesgo de cierre.

La figura 3.2 representa el desarrollo de las cuatro sub-etapas de esta etapa metodológica, la cual se logra considerando cinco criterios con sus respectivos indicadores, que se explican a continuación:

1er Criterio: Ciclo de vida de la cantera

Para cumplir con la primera etapa de la metodología del cierre sostenible de cantera, es preciso realizar una evaluación del ciclo de vida de la cantera, si está concebido o hay que concebirlo y actualizar todas las fases de dicho ciclo partiendo de que la mayoría de las canteras están en explotación, y considerar como indicadores: la vida útil del proyecto, cumplimiento con los plazos establecidos de cada fase, la concepción del cierre de la cantera y la participación de la comunidad desde el inicio del proyecto minero.

2do Criterio: Establecimiento del tratamiento legal del cierre

Se parte de la inexistencia de los instrumentos legales regulatorios para efectuar el cierre de canteras y se considera que en los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución (2012), en la actualización del Modelo Económico Cubano (2016) en el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta 2030, (2016) se le presta mucha atención al completamiento de la legislación cubana para asegurar la conservación y uso racional de los recursos naturales y alcanzar el desarrollo sostenible.

Al ejecutar el cierre hay que tener en cuenta las regulaciones legales existentes que deben considerarse para el cierre de canteras.

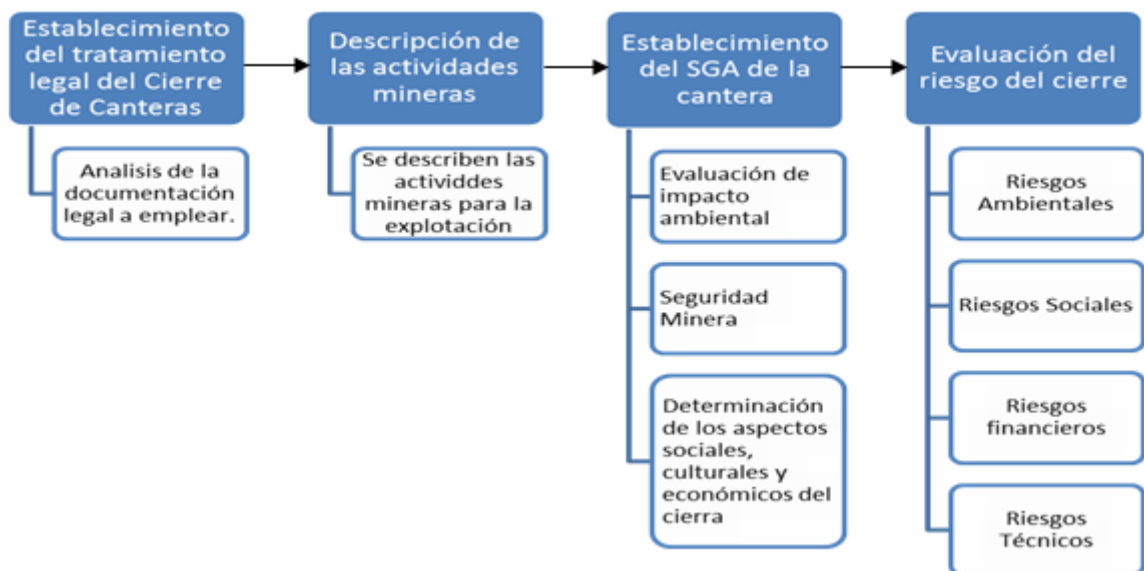


Figura 3.2. Diagrama representativo de la Etapa 1.

3er Criterio: Descripción de las actividades mineras

Es fundamental conocer las actividades mineras descritas en el proyecto de explotación, considerar el ciclo de vida de la cantera y tener en cuenta los indicadores mineros técnicos y geológicos como: la actualización topográfica, geológica, y minera del yacimiento explotado; el área total del proyecto; el área de explotación; las reservas disponibles; la producción aproximada, cuánta y uso de las reservas restantes; avances tecnológicos, volúmenes de estéril extraídos y los gastos en su disposición y posible aprovechamiento.

Estos indicadores deben actualizarse en la medida que se va explotando la cantera, con el objetivo de obtener una base de datos actualizada que permita enriquecer la actualización del plan de cierre conceptual dentro del ciclo de vida de la cantera hasta llegar a la etapa del cierre final.

4to Criterio: Gestión ambiental minera

Posibilita conocer la posición ambiental de la entidad encargada de explotar la cantera, establece la relación con la comunidad a través de la comunicación de su accionar con respecto al medio ambiente, es la base para presentar la solicitud de licencia ambiental ante el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA), además propicia la base de datos para elaborar el plan de cierre conceptual a presentar ante el organismo competente que es la Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM).

Este criterio con sus indicadores: Evaluación de impacto ambiental, seguridad minera y de las instalaciones; Determinación de los aspectos sociales, culturales y económicos del cierre; Implementación y cumplimiento del sistema de gestión ambiental; Determinación de los impactos ambientales significativos y la afectación a las especies y los gastos para su protección según su planeamiento.

5to Criterio: Evaluación de riesgo del cierre

Con este criterio se determina el factor de riesgo según la ecuación 5, a partir de los riesgos ambientales que son de suma importancia, y otros, como la seguridad; la comunidad; los factores legales, financieros y técnicos que tienen que ser tomados en cuenta. El mismo incluirá los indicadores propuestos por Laurence (2001, 2005) y Aduvire (1999) que consideran: la toma de decisiones por parte de todos los involucrados en el proceso de cierre de la cantera, los principales problemas de riesgos de cierre, la gestión e importancia relativa de los riesgos que se determinan y la facilidad para realizar comparaciones entre frentes explotados.

La gestión de riesgos de cierre de cantera debe ser tratada como cualquiera de las otras etapas importantes en el ciclo de vida de la mina, En cada etapa, los riesgos significativos se determinan para conocer las amenazas y reducirlas al mínimo o eliminarlas.

El factor de riesgo de cierre permitirá a los decisores analizar los riesgos de cierre de minas en cualquier cantera independientemente de la complejidad de la escala, el alcance y la ubicación de la operación minera.

3.2.2. Planificación conceptual y detallada del cierre sostenible

La planificación conceptual y detallada del cierre sostenible corresponde a la segunda etapa de la metodología propuesta, en la que se consideran cuatro sub-etapas (Ver figura 3.3) y los seis criterios restantes con su sistema de indicadores, los que complementarán la realización del plan de cierre conceptual de cantera y permitirán la actualización de dicho plan en la medida en que avance el ciclo de vida de la cantera.

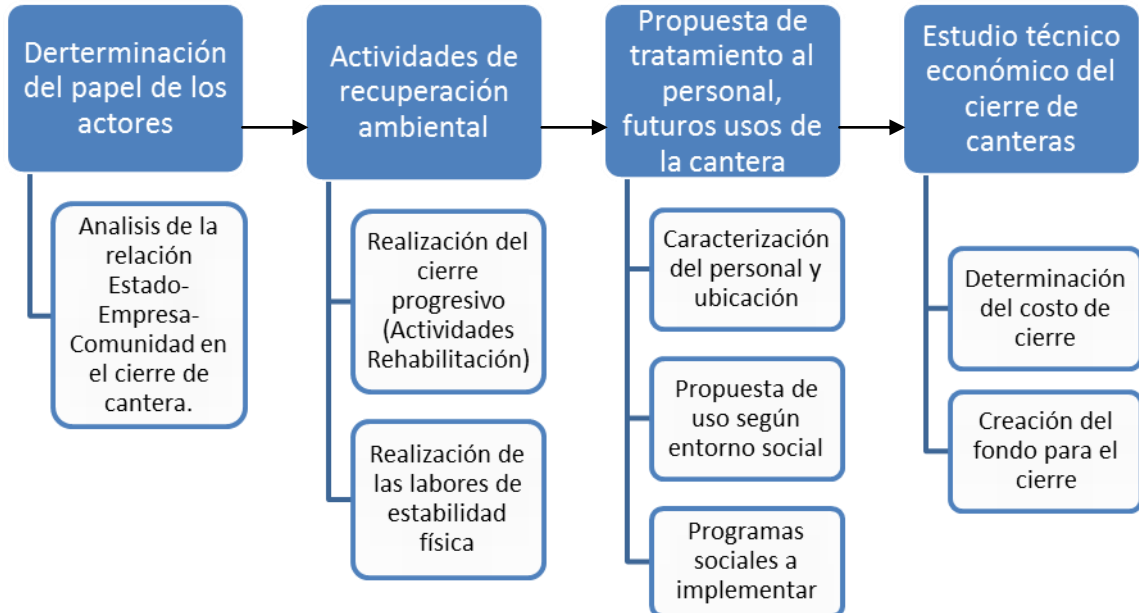


Figura 3.3. Diagrama representativo de la Etapa 2.

Aunque se consideran por separado los criterios y sus indicadores, todos ellos forman un sistema integrado para lograr el cierre de canteras sostenible.

Esta etapa se cumple relacionando el proyecto de explotación de la cantera con el plan de cierre de la misma y considerando la participación de los grupos de interés en el cierre de cantera, desde el inicio del ciclo de vida de esta, como se muestra en las figuras 3.4 y 3.5.

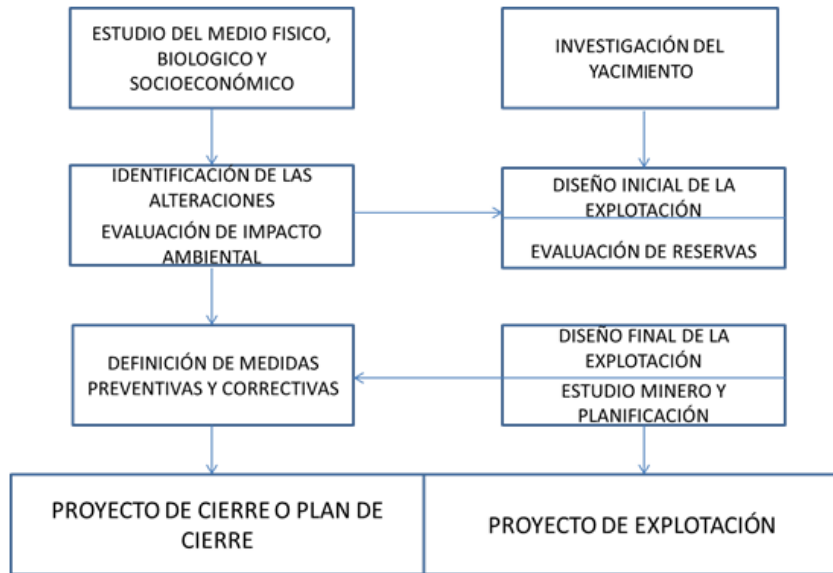


Figura 3.4. Interacción entre el plan de cierre y el proyecto de explotación de cantera. Adaptado de Aduvire (2001)

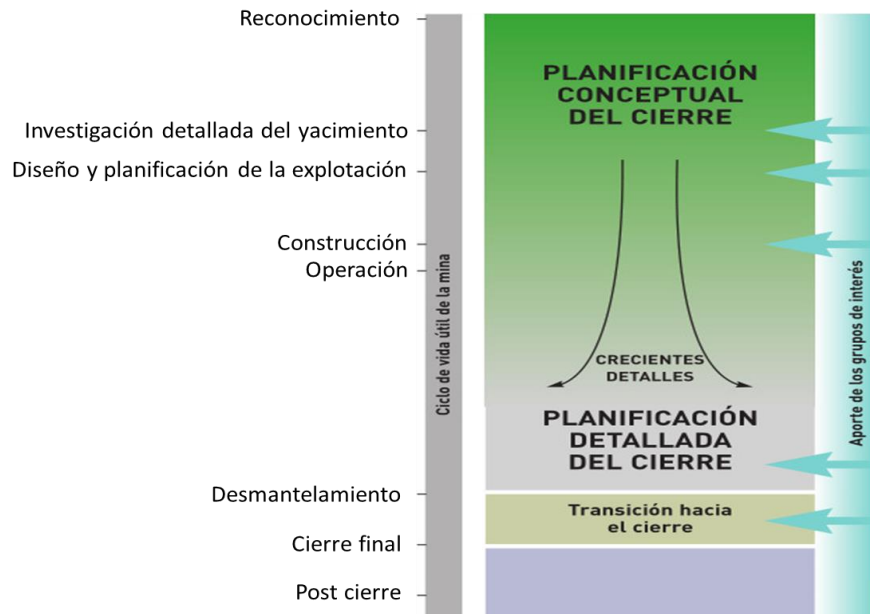


Figura 3.5. Planificación del cierre integral de cantera. Adaptado de ICMM (2008)

Las cuatro sub-etapas que permitirán el desarrollo del plan de cierre de canteras son:

1. Determinación del papel de los actores o grupos de interés (empresa-gobierno-comunidad)

La planificación efectiva del cierre implica aunar los puntos de vista, inquietudes, aspiraciones, esfuerzos y conocimientos de diversos grupos de interés; tanto internos como externos, para alcanzar resultados que sean beneficiosos para la empresa en funcionamiento y la comunidad que la alberga (ICMM, 2008).

Los procesos de participación con grupos de interés internos y externos es una práctica que debería llevarse a cabo en todo el ciclo de vida de la cantera. El proceso de participación puede no concluir en un consenso total sobre los resultados del cierre, pero debería considerarse exitoso si conduce a la toma de decisiones plenamente informadas, a partir de considerar los aspectos culturales, sociales, económicos y la existencia de valores patrimoniales en el entorno de la cantera.

Esto se puede lograr a través de la autonomía que da la nueva concepción del MEC a los gobiernos locales y aunar el compromiso de la descripción de las interacciones empresa/comunidad en las diferentes fases del ciclo de vida de la cantera y pueden servir para identificar los beneficios más significativos que es posible alcanzar de conjunto.

2. Recuperación ambiental de canteras

En esta sub-etapa se concretarán las actividades de realización del cierre progresivo que incluirá las actividades de rehabilitación, así como, la realización de labores de estabilidad física, con vista a ir garantizando las condiciones propicias para determinar el uso futuro de las instalaciones y espacios minados.

Esto se logra con la determinación de los indicadores que propiciarán realizar una correcta estabilidad física y que puedan ser controlados en el proceso de post cierre. Según los expertos consultados los indicadores considerados son: ángulo y altura del talud, propiedades físico

mecánicas de las rocas, cantidad de depósitos y escombreras, calidad y cantidad de sistemas de drenajes, clima, topografía, calidad visual, nivel de erosión, medidas de restauración y rehabilitación del entorno.

En resumen, se plantearán acciones de rehabilitación del entorno dañado por la actividad en cantera y su cierre final que garantice la estabilidad física y biológica, después de las actividades mineras y la descripción de las actividades a realizar en las distintas fases del cierre.

3. Propuesta de tratamiento al personal, de futuros usos de la cantera y programas sociales a implementar

Se proponen los aspectos fundamentales a tener en cuenta para definir el tratamiento que recibirán los recursos mineros y minerales de las canteras partiendo de los indicadores: cambio en el valor del uso de la tierra; determinación de futuros usos a las instalaciones mineras y a la cantera; conservación y destino de las instalaciones, equipos y materiales existentes; trabajos de conservación de la mina, de forma tal, que se puedan reiniciar los trabajos mineros; así como, la formación del personal calificado, el nivel de participación comunitaria, la inversión social y la reconversión laboral tras el cierre de cantera.

Estos aspectos son:

- Reubicación del personal según su calificación personal y profesión; generalmente, se ha obviado este aspecto, uno de los más importantes del cierre (Montero Peña & Salazar Pérez, 2011)
- Conservación, desmantelamiento y destino de las instalaciones, equipos y materiales existentes
- Determinación del uso futuro del espacio minado

4. Estudio técnico económico del cierre

Los indicadores: factibilidad económica, consideración de los elementos de costo de cierre y creación del fondo para el cierre, permitirán analizar los factores económicos para determinar el costo del cierre de la cantera que se relacionan a continuación:

- Estudio de mercado (precio y demanda del material)
- Estudio técnico-económico del cierre de canteras
- Cálculo del costo de cierre de canteras
- Distribución de los recursos financieros durante las operaciones mineras

La fundamentación de esta etapa se justifica con las investigaciones realizadas por Guerrero Almeida (2005, 2014), Barnes et al. (1999), Wilson et al. (2003), Franco et al. (2011).

3.2.3. Revisión y aprobación por la autoridad minera

Esta etapa se complementa por la autoridad minera durante las fases de investigación detalladas y la de diseño y planificación de la explotación del ciclo de vida de la cantera. Si en el proceso de revisión, se detectan incongruencias y errores, la Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM), como autoridad minera, hace sus críticas y entrega nuevamente al concesionario para que a partir de un nuevo análisis y argumentación del plan de cierre haga los arreglos pertinentes. Una vez obtenida la aprobación por parte de la ONRM se aplica la etapa correspondiente a la ejecución del plan de cierre. En las inspecciones realizadas al yacimiento por parte de la ONRM, se chequea el cumplimiento de las medidas de cierre aprobadas en el plan.

3.2.4. Ejecución del plan de cierre

El plan de cierre se acomete en la medida que avance el ciclo de vida de la cantera y su ejecución comienza desde la etapa de construcción hasta el cierre definitivo. En la medida que aparezcan nuevas circunstancias, el plan de cierre se actualizará para lograr los objetivos propuestos.

En esta etapa se ejecutan todas las acciones propuestas y aprobadas en el plan conceptual y detallado del cierre de cantera, elaborado en la etapa 2 de la metodología.

3.2.5. Seguimiento y control del proceso de cierre

La última etapa de la metodología propuesta corresponde al seguimiento y control del proceso de cierre (Ver figura 3.6) y garantizará el chequeo del cumplimiento de las acciones realizadas en las etapas precedentes y de los objetivos del cierre, planteados en el plan conceptual de cierre.

Las acciones a realizar en la cantera son:

1. Monitoreo al tratamiento dado al personal y a la comunidad
2. Monitoreo a las labores de rehabilitación y a las labores de estabilidad física
3. Elaboración y discusión del informe con los actores y propuestas de medidas complementarias de post cierre

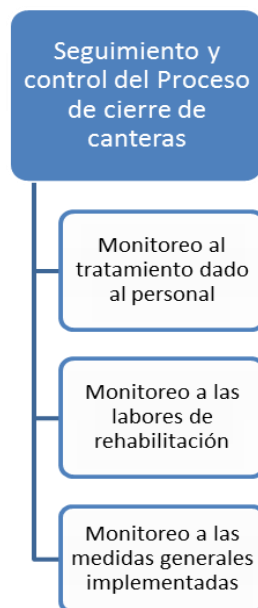


Figura 3.6. Diagrama representativo de la Etapa 3.

Con el establecimiento de estas tres sub-etapas, se logra el monitoreo del tratamiento laboral y salarial dado al personal técnico y profesional que laboraba en las canteras, el monitoreo de la estabilidad física de la cantera, el monitoreo de la estabilidad biológica, el monitoreo de la calidad de las aguas, el control estructural y la mantención de obras.

Conclusiones

- Se diseñó una metodología con un enfoque sistémico e integral que consta de cinco etapas y permite ejecutar el cierre de canteras de manera sostenible, además representa una contribución a la planificación y el diseño del cierre minero en yacimientos no metálicos cubanos.
- La estructura metodológica responde a los criterios de sostenibilidad antes determinados.

CAPÍTULO IV

CAPITULO IV. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA. CASO DE ESTUDIO CANTERA SAN JOSÉ

4.1. Introducción

Para comprobar la aplicabilidad de la metodología propuesta para el cierre sostenible de canteras de materiales para la construcción, se seleccionó un caso de estudio, considerando sus características y la disponibilidad de información.

4.2. Elección y justificación de la cantera “San José”

Partiendo de las investigaciones realizadas en los 11 yacimientos, pertenecientes a la Empresa de Canteras del MICONS (Ver figura 4.1) y al considerar que estos tienen un mayor desarrollo minero, cuentan con nuevas inversiones en equipamiento para la explotación y el procesamiento del material, con un volumen de producción que garantiza el desarrollo de obras priorizadas del país y el aumento de las áreas afectadas por la explotación; se realizó la selección de la cantera San José como caso de estudio para aplicar la metodología elaborada.

La cantera San José se explota desde hace más de 100 años sin considerar el cierre de la misma, con gran extensión de áreas degradadas por la actividad minera desprovista de recuperación, es la cantera con mayores reservas y con la caliza de mejor calidad con que cuenta la empresa y se encuentra ubicada a poca distancia de la comunidad de Jamaica, perteneciente al municipio San José de la Lajas, por lo que su impacto es mayor en los pobladores y en las obras de infraestructura.

Se consideró, además, la importancia económica, sociocultural y ambiental que representa para los habitantes cercanos a la cantera y la importancia que le concede el gobierno local en el

ordenamiento territorial y en su posible uso futuro, teniendo en cuenta la estructura de la nueva provincia Mayabeque y el MEC.

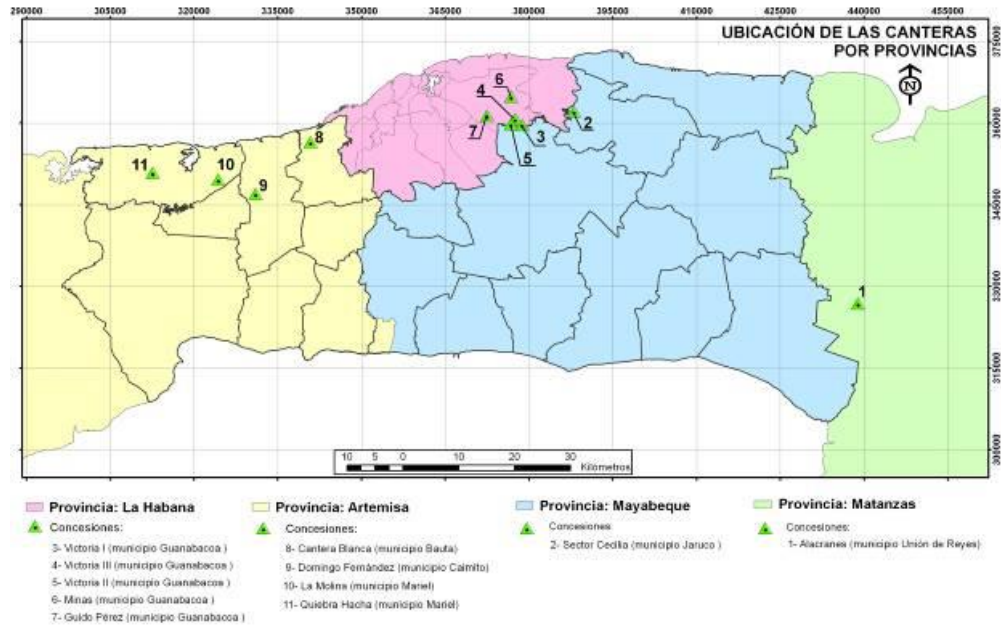


Figura 4.1. Ubicación geográfica de las 11 concesiones mineras de explotación. Adaptado de Kramer (2013)

4.3. Caracterización y ubicación del yacimiento “San José”

El yacimiento San José se encuentra ubicado en el Km. 29 de la carretera central, a 3 km al Oeste del poblado de San José de Las Lajas perteneciente a la provincia de Mayabeque. Ver figura 4.2.

El centro del yacimiento se encuentra situado en las coordenadas Lambert:

$$X = 379000.00$$

$$Y = 350500.00$$

Al lado sur de la carretera central se encuentra la zona Camoa - Jamaica - Moderna. Al lado norte de la carretera central se encuentra la zona Hormigón Cubano Somostro. Ver figura 4.3.

Actualmente, la explotación de la cantera se realiza al noroeste del yacimiento, la materia prima extraída del yacimiento abastece a las plantas de procesamiento Jamaica con 72.0 Mm^3 y Dragón con una capacidad de 200.0 Mm^3 , para utilizarse como material de construcción.



Figura 4.2. Imagen satelital del yacimiento San José

Como vías de comunicación principal, tiene la carretera central que pasa a 200 metros aproximadamente al norte del yacimiento, paralelo a esta, pasa la vía férrea central y, aproximadamente, a 4 Km al norte, pasa la autopista nacional.

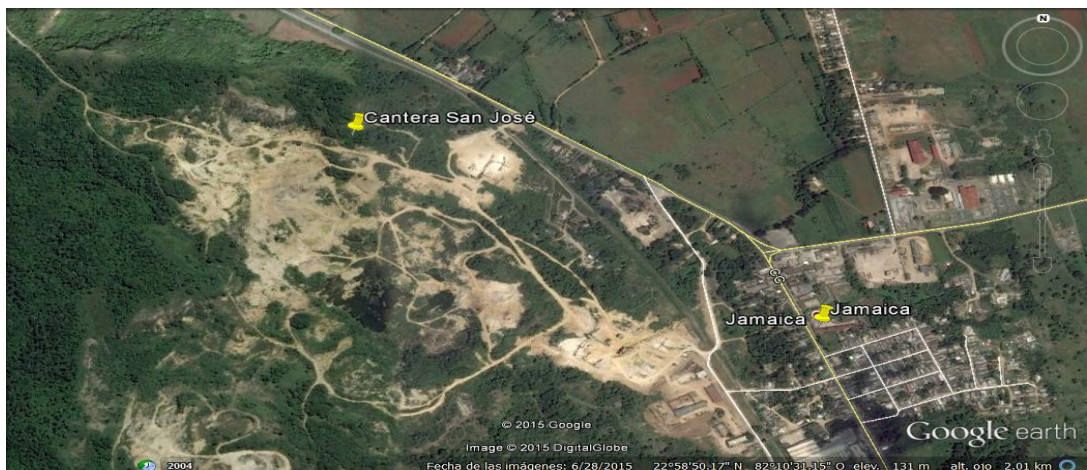


Figura 4.3. Imagen satelital del yacimiento San José y sus límites

Relieve y Clima

El relieve del yacimiento oscila entre las cotas 102 a 162 m, con pendientes abruptas complicadas por el desarrollo del carso en las laderas (ver figura 4.4). El clima está caracterizado por temperaturas que oscilan entre 22 °C y 30 °C como promedio. Las precipitaciones alcanzan valores máximos de 160 mm en octubre y valores mínimos de 40 mm para febrero.



Figura 4.4. Pendientes presentes en la cantera

4.3.1. Geología del yacimiento de la Cantera San José

El yacimiento está compuesto por un conjunto de rocas carbonatadas representadas por calizas, calizas dolomíticas, calizas margosas y margas; dentro de esta composición hay muchas ocurrencias donde las rocas pasan de un tipo a otro. Las calizas, por lo general, son compactas, macizas, de grano fino, de color gris claro con tonos amarillos, rosados y carmelitas. Las calizas dolomíticas y dolomitas calcáreas son de color gris. La materia prima del yacimiento está representada por las calizas, calizas dolomíticas y dolomitas. A continuación se ofrece una descripción detallada de las variedades litológicas encontradas en el yacimiento.

Margas: aparecen en forma consolidada y deleznable relleno de cavernas, de color amarillento a crema, poco duras, en ocasiones arcillosas.

Arcillas: aparecen relleno de cavernas principalmente, de color crema claro con impurezas de margas y fragmentos de calizas. Esta arcilla macroscópicamente se define como plástica. En ocasiones, es algo arenosa.

Calizas: constituye la parte útil del yacimiento, abarcan las variedades que van desde la caliza masiva hasta la caliza margosa, pasando también por calizas dolomíticas. Son por lo general, de color crema a grises con potencias en el yacimiento hasta de 50 m.

Areniscas: aparecen de forma aislada en el yacimiento, relleno de cavernas y grietas no de forma continua. Son de color gris claro y de grano muy fino.

Tectónica

En investigaciones anteriores, se plantea la existencia de dos sistemas principales de fallas, casi perpendiculares entre sí. El primer sistema atraviesa el yacimiento en el rumbo WNW – ESE hasta el W – E y el otro tiene un rumbo NEN – SWS.

El yacimiento presenta un agrietamiento que se corresponde con los sistemas de fallas antes mencionados. Estos causan una situación compleja en el yacimiento, que se manifiesta en el amplio desarrollo que tiene el carso, con un alto contenido de material arcilloso, lo que influye desfavorablemente en la explotación del yacimiento.

Hidrogeología del yacimiento

Hidrográficamente esta zona se caracteriza por presentar pequeños arroyos intermitentes hacia el oeste y suroeste y sur de la cantera, los cuales corren en épocas de lluvia que prueba que las aguas de precipitación se infiltran muy rápido en la zona y circulan por grietas, fallas, zonas trituradas; estas tienen un escurrimiento natural que favorece el escurrimiento superficial. Ver figura 4.5.



Figura 4.5. Arroyo y evacuación de aguas presente en la cantera

Las cotas de yacencia del nivel freático, según los datos que han brindado los pozos de perforación, oscilan entre 94.6 y 105.4 m; pero, en los frentes de trabajo en épocas de lluvia se ubica en la cota 110.0 m.

Hasta la profundidad a la que se realizaron los trabajos solo existe un acuífero y no hay capas impermeables, excepto las arcillas que rellenan algunas cavidades cársticas dentro de las calizas y dolomitas calcáreas existentes en el área, las cuales aparecen en pequeñas zonas.

4.3.2. Descripción del medio biológico y socioeconómico de la región

Vegetación

La vegetación en este yacimiento, está formada por varias especies: Aroma, Romerillo, Leucaenas, Cundiamor, Yagrumas, Gramíneas (Kin - Grass e hierba de guinea), Trepadora (rejo de boniato), de forma general, la flora que está presente es una vegetación de color verde intenso que cubre todo el área, con excepción del área minada. Ver figura 4.6.

Fauna

La fauna presente, está integrada por invertebrados (caguayo), insectos: las libélulas, además de aves (palomas, aves de rapiña, pitirres, totí).

Paisaje

En el yacimiento, el paisaje, como consecuencia de la explotación minera, se encuentra antropizado, formado por parches de calizas de color blanco – beige, con un relieve ondulado, las pendientes desde leves hasta casi abruptas, con una vegetación siempre verde y una fauna característica del mismo. Ver figura 4.7.



Figura 4.6. Vegetación presente en el yacimiento



Figura 4.7. Relieve antropizado por la explotación minera

Existen, además, lagunas de sedimentación en áreas laboreadas, con un agua clarificada que alcanzan hasta 10 m de profundidad.

Descripción del medio socioeconómico

San José es el principal centro económico e industrial de la nueva provincia de Mayabeque. La zona está densamente poblada al norte de la cantera, muy cerca existe el asentamiento poblacional Jamaica.

Cerca del yacimiento se encuentran objetos socioeconómicos de alto potencial industrial y muy diversificado, particularmente en el eje alrededor de la Carretera Central y la Autopista Nacional, con industrias de materiales de construcción (cerámica blanca, mezcla asfáltica y extracción de áridos), industria química (goma, vidrio y pintura), alimentaria (pastas), metalúrgica y electromecánica (aluminio, cables eléctricos y telefónicos) y de bebidas y licores (nueva planta ronera). La economía de San José es de carácter agro-industrial. En el sector agropecuario hay grandes potencialidades en la ganadería vacuna y la producción lechera.

4.4. Aplicación de la metodología

En la figura 4.8 se presentan las etapas y subetapas vinculadas al ciclo de vida de la cantera San José. Esta cantera se encuentra en explotación, por lo tanto, las etapas 1 y 2 de la metodología serán actualizadas partiendo de la situación real existente en dicha cantera.

Etapa I. Diagnóstico según tipo de material a explotar

1. Establecer el tratamiento legal del cierre

Partiendo de la consulta con expertos, el estudio y revisión del marco legal relacionado con la explotación y recuperación de áreas minadas, se determina que: las principales leyes, resoluciones y decretos leyes a tener en cuenta para realizar el proceso de cierre de canteras en el yacimiento San José, se muestran en la tabla 4.1.

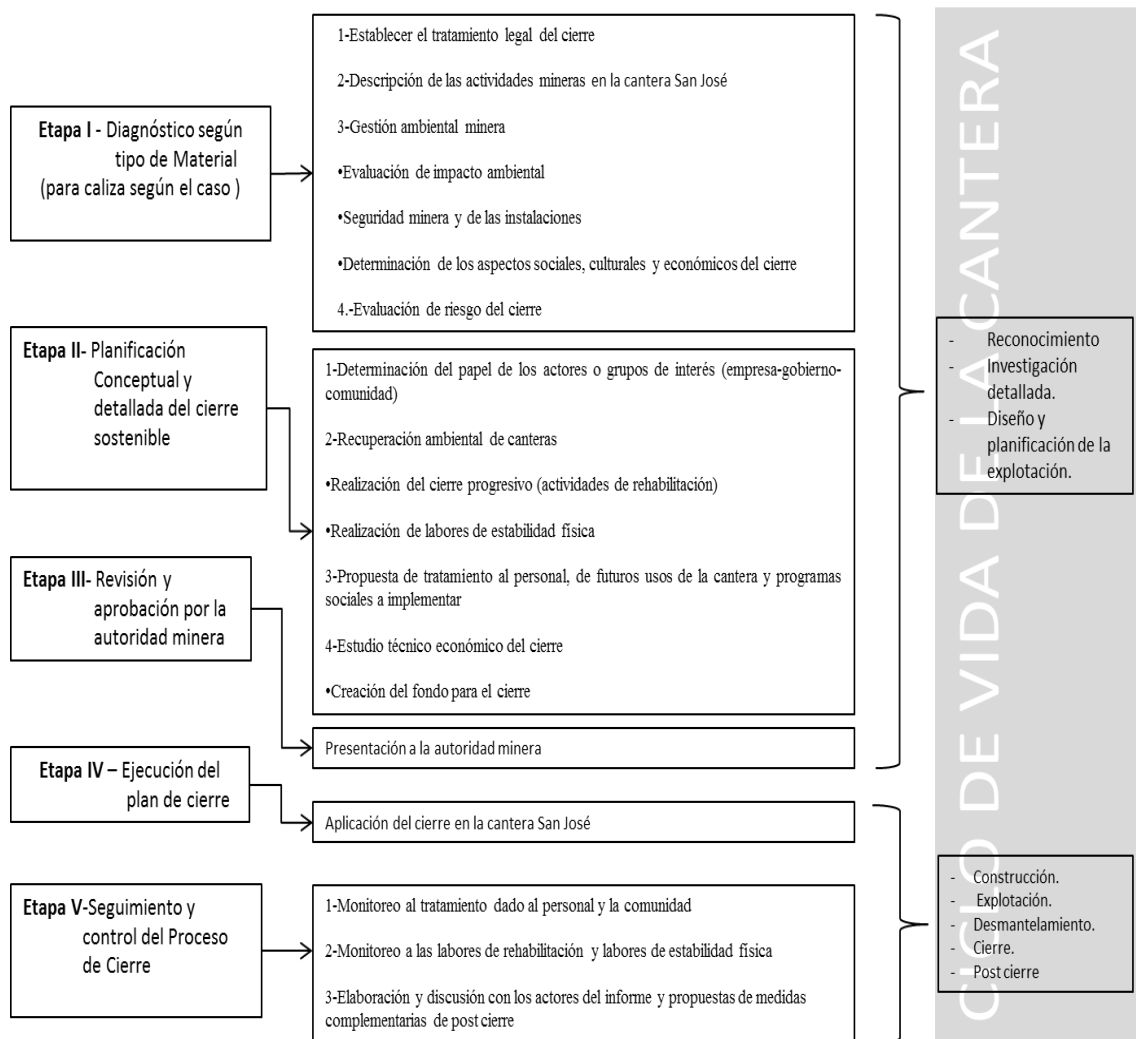


Figura 4.8. Metodología aplicada a la cantera San José

Además hay que considerar los instrumentos de Naciones Unidas que contribuyen a realizar el proceso de cierre de canteras para lograr la sostenibilidad y tener mayor resiliencia en la adaptación al cambio climático. Los mismos integran la Agenda 2030 para el Desarrollo

Sostenible, el Acuerdo de París sobre cambio Climático y el Marco de Sendai para la Reducción de riesgos de desastres 2015-2030.

Tabla 4.1. Relación de leyes, decreto ley y resoluciones a considerar para el cierre de cantera en el yacimiento San José

Tipo de documento Legal	Documentos legales
Ley	Constitución de la República de Cuba La Ley No. 81, Ley del Medio Ambiente La Ley No. 76, Ley de Minas Ley No. 49. Código de Trabajo Ley No. 41. Ley de la Salud Pública Ley No. 13. Ley de Protección e Higiene del Trabajo Ley No. 85. Ley Forestal Ley No. 75. Ley de Defensa Ley No. 118. Ley de la Inversión Ley No. 62 Código Penal
Decreto Ley	Decreto Ley No. 281/07. Reglamento para la Implantación y Consolidación del Sistema de Dirección y Gestión Empresarial Estatal Decreto Ley No. 227/02. Patrimonio Estatal Decreto Ley No. 200/99. Contravenciones del Medio Ambiente Decreto Ley No. 225/01, de los explosivos industriales, medios de iniciación, sus precursores químicos y productos químicos tóxicos Decreto Ley No. 138/93 de las Aguas Terrestres Decreto Ley No. 222. Reglamento de la Ley de Minas. Decreto Ley No. 268. Contravenciones de las Regulaciones Ambientales Decreto Ley No. 200/99 de las Contravenciones en Materia de Medio Ambiente Decreto Ley N°. 170/97 del Sistema de medidas de Defensa Civil Decreto N° 326/ 2014 Reglamento del Código del Trabajo
Resoluciones	Resolución No.25/03 del MINBAS. Manual de Procedimiento Minero Resolución No. 8/05 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social Resolución No. 48/12 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social Resolución No. 39/07 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social Sobre bases generales de la seguridad y salud en el trabajo Resolución No. 446/02 del Ministerio de Economía y Planificación Resolución No. 165/04 del Ministerio de la Industria Básica Resolución No. 226/12: Aprueba la metodología para la inscripción, actualización y control de patrimonio inmobiliario estatal en el Registro de la Propiedad Resolución No. 77/99, del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental. Resolución 132/09 del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente: Pone en vigor el Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental Resolución 103/97 del Ministerio de Economía y Planificación: Aprueba las normas y procedimientos para la presentación de propuestas de creación, fusión, traspaso y extinción de empresas y cualquier otro tipo de organización económica o unidad presupuestada. Resolución 111/96.del CITMA. Regulaciones sobre la Diversidad Biológica. Resolución N°. 111/02 CITMA Sistema Nacional de Monitoreo Ambiental. Resolución N°.158/2014. Energía y Minas. Reglamento de Seguridad minera. Resolución No. 35/10 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de la República de Cuba NC 30:1999 Calidad del suelo. Tierras alteradas. Requisitos generales para la restauración

2. Descripción de las actividades mineras en el yacimiento San José

La explotación en este yacimiento se realiza a cielo abierto, se desbroza y destapa el mineral con uso de buldócer; actualmente, la extracción se hace con perforación y explosivos, posteriormente es apilado y cargado a camiones, con el uso del cargador frontal. Actualmente, los bancos de extracción alcanzan alturas variables que van desde los 5 hasta los 15 m.

Las actividades de desarrollo minero y la apertura, se realizan con el laboreo de las trincheras y semitrincheras de acceso al nivel requerido, en la medida que se hacen estas operaciones se aprovecha el material útil que aparece en la zona meteorizada que puede ser procesado hasta llegar a disponerse de las reservas listas para la explotación.

El arranque de la roca después de concluida la etapa de desarrollo minero, se realiza por un tercero, la Empresa de Servicios Geólogo-Minera (EXPLOMAT) con sus equipos y personal calificado. La sustancia explosiva utilizada es suministrada por la Unión Latinoamericana de Explosivos S. A (ULAEX SA) y, en dependencia del período de lluvia o seca, se usa como carga de columna el Fortel o el Amex, respectivamente y como carga de fondo se utiliza el Senatel Magnafrac. Para garantizar la puesta del mineral en las plantas de procesamiento con los requerimientos exigidos, se utilizan camiones de volteo Kraz de 8 toneladas de capacidad y Belaz con capacidad de la cama de 15 toneladas. Para la carga de los mismos se usan cargadores frontales y una excavadora Hitachi. Ver Figura 4.9.



Figura 4.9. Combinación camión Belaz - excavadora Hitachi y camión Kraz - Cargador frontal

3. Gestión ambiental minera

- Evaluación de impacto ambiental

Durante la construcción y operación de la cantera, se llevan a cabo un grupo de acciones que impactan sobre el medioambiente. Según la evaluación de impacto ambiental contemplada en el proyecto de explotación del yacimiento San José, los factores ambientales y sus impactos se relacionan a continuación.

A. Atmósfera

1. Incremento del nivel de ruidos durante los trabajos de voladuras y extracción
2. Aumento de los niveles de emisión de polvo en suspensión y sedimentables a la atmósfera.
3. Dispersión de fragmentos de rocas durante la voladura, que alcanzan distancias considerables.

B. Suelos

1. Cambio de uso de suelo.
2. Aumento de la erosión de suelos.

C. Aguas

1. Contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.

D. Vegetación y flora

1. Destrucción de la vegetación y la flora natural del área.

E. Paisaje

1. Alteración del paisaje debido a los trabajos de explotación minera.

F. Socioeconómico

1. Mejoramiento de los viales.
2. Genera fuente de empleo.

La matriz de identificación, descripción y evaluación de los impactos ambientales se muestra en el anexo 7.

- **Seguridad minera y de las instalaciones**

Desde el inicio del ciclo de vida de la cantera hasta la etapa de post cierre se deben considerar las acciones fundamentales de seguridad y salud del personal y las instalaciones; acciones que van desde la protección del mismo hombre hasta el cercado perimetral de las zonas ya explotadas dentro de la misma concesión minera, para que no haya acceso del personal ajeno que pueda dañarse. Todo esto es considerando Decreto N° 326/ 2014 Reglamento del Código del Trabajo y la NC. ISO 18000.

Se comprobó que para la explotación del yacimiento San José existen dificultades referidas a la falta de medios de seguridad para los trabajadores, falta capacitación a los trabajadores sobre el tema de seguridad y salud, los vehículos no cuentan con extintores, el plan de higiene, seguridad industrial y salud ocupacional está desactualizado, aunque se cuenta con el levantamiento de riesgos, estos no consideran la etapa de cierre de la cantera.

Por tal razón, dentro de las principales acciones a desarrollar y las tecnologías de manejo a implementar en el yacimiento San José, están:

- Vinculación obligatoria al Sistema de Seguridad Social y Salud de todo el personal adscrito a las actividades de explotación de materiales de construcción
- Capacitación a los mineros acerca de primeros auxilios, manejo de transporte de heridos, procedimientos en caso de accidentes de diversa índole, campañas de prevención de drogadicción, alcoholismo y tabaquismo
- Implementación de programas de entrenamiento acordes con las actividades a desarrollar
- Todos los vehículos, tanto de transporte como de arranque de materiales, deben contar con equipo completo de primeros auxilios y extintores

- Realizar fichas individuales que permitan hacer seguimiento a la salud de los trabajadores
- Inspeccionar que los trabajadores estén dotados de implementos que garanticen su seguridad y hagan uso de ellos
- Ubicar señales normativas e informativas que hacen referencia a algunas actividades como salida de materiales, zonas de cargue y descargue y zonas limitadas para su acceso por encontrarse en fase de cierre
- Elaborar el plan de higiene, seguridad industrial y salud ocupacional que son de interés para los trabajadores y que debe contemplar los siguientes aspectos:
 - ✓ El significado de seguridad industrial y salud ocupacional
 - ✓ La normativa vigente al respecto
 - ✓ La importancia del uso adecuado de protección en el trabajo
 - ✓ Primeros auxilios

- Determinación de los aspectos sociales, culturales y económicos del cierre

Los aspectos a considerar en el entorno socio-económico de la cantera San José son:

- ✓ Historia de la explotación de canteras: Cantera con más de 100 años de explotación, por lo que existe una historia y cultura minera en canteras, cuestión a considerar como parte de la historia de la localidad y que las nuevas generaciones deben conocer
- ✓ Vinculación con escuelas: el sector de materiales de construcción de San José establece el vínculo con las escuelas con la creación de círculos de interés con vista a que las nuevas generaciones conozcan las actividades que realizan en cantera y su importancia en el territorio local y del país
- ✓ No existen elementos patrimoniales en la cantera san José que pueden ser utilizados con fines científicos o permitan la definición de usos futuros de las instalaciones y generación de nuevas fuentes de empleo como parte del desarrollo local concebido en el MEC

- ✓ Representación del sector en la economía del municipio: la producción de materiales para la construcción tiene un peso determinante como ente desarrollador de la economía de la región y del país, por el aporte que este sector realiza a la construcción de las diferentes infraestructuras a construir en la localidad y el país

Estos aspectos relacionados permitirán el accionar oportuno de los diferentes actores en la medida que se planifique el cierre de la cantera. En el caso del yacimiento San José, ya en explotación hay que considerar la oportunidad que ofrece el MEC dentro de la nueva concepción y atribuciones que este ofrece al gobierno local y la comunidad.

4. Evaluación de riesgo del cierre en el yacimiento San José

La evaluación de riesgo del cierre se realiza a través del factor de riesgo calculado como platea Addurive (2009) y otros autores. para poder tomar acciones concretas que no afecten en el futuro las acciones del cierre de la cantera, estos riesgos estarán determinados. Para lo cual se ha recopilado una lista de verificación de los temas principales y los riesgos que deben ser evaluados.

Esta lista de control se basa en la amplia experiencia obtenida de minas de otros países y considerando las particularidades del caso de estudio en cuestión. Hay que subrayar que esta clasificación tiene la intención de ser una guía y no pretende ser totalmente inclusivo. Debido a la dinámica y la naturaleza diversa de la industria, aparecerán nuevos problemas. Cada cantera tendrá una clasificación única.

Para el caso del yacimiento San José la lista de verificación para la clasificación de los riesgos del cierre a considerar para el cálculo del factor de riesgo (C_{RF}), se presenta en el anexo 8.

Esta subetapa contribuye a que el cierre de cantera ayude a reducir vulnerabilidades no consideradas anteriormente y en este sentido se aporta con nuevas acciones al perfeccionamiento del plan de reducción de desastres aprobado en la cantera.

Riesgos ambientales (R_{MA}): a partir del estudio de impacto ambiental realizado al proceso de explotación de la cantera y cierre que incluye a todos los componentes ambientales con un alto grado de detalle.

Riesgos de seguridad y salud (R_{SH}): considerando las exposiciones al riesgo existentes en las labores de desmantelamiento y desarrollo de estabilidad física en los espacios minados.

Riesgo social para la comunidad (R_{SC}): qué riesgos representa para la comunidad el cierre de la cantera, qué se debe considerar para dejar un legado positivo.

Riesgo del uso final de la tierra (R_{LU}): la determinación del uso final del suelo si no es correcta puede ocasionar riesgo importante en la calidad del suelo.

Riesgos legales y financieros (R_{LF}): presentes al no contar con una legislación de cierre en Cuba y tener que conjugar un número importante de leyes y resoluciones, con vista a lograr el cierre de cantera y crear el fondo financiero para las labores de cierre definitivo.

Riesgos técnicos (R_T): considerados a partir del uso de las técnicas para la realización del cierre de canteras.

El factor de riesgo de cierre expresado por la ecuación lineal simple:

$$C_{RF} = \Sigma(R_{MA} + R_{SH} + R_{SC} + R_{LU} + R_{LF} + R_T)$$

En el caso de la cantera San José el $C_{RF} = 1044$

Con el cálculo del factor de riesgo se llega a la conclusión de que: los problemas de cierre en esta cantera son complejos y el riesgo de cierre es muy alto. Esto está dado, porque hasta el momento, en la cantera San José, no se han realizado acciones de recuperación de las áreas degradadas por la minería, referidas al cierre de canteras y considerando su ciclo de vida, por lo que existen muchas áreas ya explotadas que son pasivos ambientales mineros.

Etapa II. Planificación conceptual y detallada del cierre sostenible

- 1. Determinación del papel de los actores o grupos de interés (empresa-gobierno-comunidad).**

Actores principales y las vías para su concertación

Corresponde al Estado Cubano, representado en Mayabeque por la Asamblea Provincial del Poder Provincial y su Consejo de la Administración, el ejercicio de los derechos soberanos sobre el medio ambiente y los recursos naturales en el territorio y a partir de esa función estatal, la proyección, la dirección y el control de la política y la gestión ambiental.

La Dirección de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (DCTMA) en su condición de rectora de la política ambiental en el territorio, es la encargada de adecuar e implementar la política ambiental nacional acorde con las características propias del territorio y posteriormente, ejercer su control. Sus atribuciones y funciones se ejercen en coordinación y sin perjuicio de las atribuidas a otras direcciones, entidades y organismos.

Las Direcciones Provinciales, las entidades de subordinación provincial y nacional, que tienen a su cargo el control, la administración, uso y explotación de determinados recursos naturales, tienen la obligación de llevar a cabo una adecuada política de protección y uso sostenible de estos. Tienen la obligación de incorporar, en sus políticas de desarrollo, los aspectos necesarios para una adecuada protección del medio ambiente en correspondencia con las políticas establecidas, según sea el caso. Deben acompañar, además, a las autoridades ambientales y diseñar las acciones que corresponden en el ámbito de su competencia para la protección del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales.

Las entidades ubicadas en la provincia, que integran Órganos Superiores de Dirección Empresarial (OSDE): BIOCUBAFARMA, AZCUBA, MINAL, MINEM, a los efectos de esta estrategia, al actuar bajo los mandatos de política pública de sus respectivos sectores, se deben a lo expresado en el párrafo anterior.

Las modalidades de inversión extranjera, las cooperativas no agropecuarias, los agricultores pequeños, los usufructuarios, los arrendatarios, los trabajadores por cuenta propia y otras formas de gestión no estatal son otros actores de la política y la gestión ambiental.

La Asamblea Municipal del Poder Popular y sus Administraciones, a través de las secciones de CITMA, garantizarán la aplicación de la política ambiental y establecerán las adecuaciones y

prioridades correspondientes a las características de cada territorio. En el período se debe garantizar una mejor gestión local del medio ambiente, a través de un sistema descentralizado que fortalezca la autoridad y atribuciones de los gobiernos locales en esta esfera.

Según lo expresado en el precepto constitucional que se cita, la protección del medio ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales, es un derecho y un deber de cada ciudadano, que se materializa con el accionar individual y mediante las diversas formas de organización y asociación reconocidas por la legislación vigente por lo que se deberá fortalecer el papel, la responsabilidad y la capacidad de actuación de la ciudadanía.

2. Recuperación ambiental del yacimiento San José

- Realización del cierre progresivo (actividades de rehabilitación)

Plan de rehabilitación del medio ambiente alterado

El proyecto debe contemplar el cierre progresivo, sus acciones deben ser contempladas desde la proyección de este, con el objetivo de garantizar una mejor utilización de los recursos materiales y financieros y lograr soluciones más adecuadas para la mitigación de los impactos ambientales. Para ello es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

1. La actualización topográfica y geológica de la cantera.
2. Las medidas progresivas de rehabilitación durante el movimiento de tierra.
3. El plan general de rehabilitación.
4. El plan de monitoreo de la cantera posterior a su cierre.

El Artículo 603 de la Resolución 158 de Junio del 2014 (Reglamento de Seguridad Minera) establece que el programa de cierre contendrá:

- El estado actualizado de las reservas minerales
- El sellado de todos los laboreos de acceso
- La utilización o destino de las instalaciones de superficie, equipos y materiales
- El estado en que quedan los depósitos de colas, escombreras y escorias, y el cálculo de los minerales contenidos o del volumen total del depósito, según el caso

- El programa de restauración de la superficie afectada y un informe sobre las afectaciones provocadas al medio ambiente
- La utilización que se le pudiera dar a las instalaciones mineras

El Proyecto de Cierre debe ser aprobado por la Oficina Nacional de Recursos Minerales para determinar el presupuesto necesario para cada una de las actividades que lo integran y debe contener el análisis técnico económico.

La valoración económica debe proyectarse sobre la base de las actividades que este conlleva, por lo que se definen a continuación:

1. Establecimiento de la forma del terreno, mediante la configuración geométrica de los taludes de manera cuyas dimensiones resultantes sean igual o menor que las mantenidas durante el movimiento de tierra; de existir aún taludes temporales, se efectuarán las correcciones necesarias para dejar la superficie con taludes estables.
2. Se perfilarán y se le dará mantenimiento al sistema de drenaje para interceptar y derivar el agua de escorrentía superficial y conducirla fuera de los límites laterales del área.
3. Se procederá a la rehabilitación de los taludes con la disposición de una capa vegetal y sembrado de especies de rápido crecimiento como las gramíneas.

Para las dos primeras actividades se emplearán, básicamente, equipos de acarreo (bulldózer) y de compactación.

Medidas de mitigación propuestas para el cierre progresivo del yacimiento San José

Una vez concluido el movimiento de tierra se encontrarán hendiduras, desniveles superficiales e incluso áreas o sectores en los taludes proclives a colapsos y deslizamientos, y contaminación de aguas superficiales. La magnitud de los impactos al medio ambiente en la cantera precisa, consecuentemente, la aplicación de medidas preventivas y correctivas relacionadas a continuación:

- Lograr y actualizar un plan de cierre progresivo sustentable, acorde con las legislaciones vigentes

- Realizar control y monitoreo de las componentes ambientales hasta el cierre definitivo del proyecto
- Plantación de árboles en los alrededores de la cantera, principalmente, maderables y frutales propios del territorio
- En el Plan de Rehabilitación debe incluirse la recuperación del ecosistema en el área.
- Instaurar un sistema de protección del lugar que evite que el área sea empleada como depósito de desechos u otro tipo de residual
- Dejar el área bien drenada para evitar riesgos de deslizamientos y protegerla contra la erosión, mediante un buen sistema de drenaje

Para el cierre temporal y el definitivo, se debe garantizar:

- La actualización topográfica, geológica y minera del yacimiento explotado y su presentación a la autoridad minera para su revisión y conservación
- Los trabajos de conservación de la mina de forma tal que se puedan reiniciar los trabajos mineros
- Las medidas de seguridad de la mina y sus instalaciones contra posibles accidentes de personas, incendios y averías
- La conservación y destino de las instalaciones, equipos y materiales existentes; y las medidas de restauración y rehabilitación del entorno

Medidas específicas para el cierre definitivo de la cantera y las plantas de procesamiento

- Capacitación del personal con respecto al tema del cierre
- Limpieza de los equipos tecnológicos, techos, paredes, barandas y pisos
- Desenergización de todos los recursos eléctricos y de instrumentación instalados en las plantas de procesamiento
- Desmantelamiento de la infraestructura de las plantas

- Conservación y almacenaje de las estructuras y equipos desmantelados hasta definir el destino final
- Rehabilitación técnica y biológica del área de la cantera
- Reubicación del personal disponible, producto del cierre de operaciones de la cantera y plantas de procesamiento

3. Propuesta de tratamiento al personal, de futuros usos de la cantera y programas sociales a implementar

El tratamiento de la reinserción laboral en Cuba

El éxito a largo plazo de la empresa dependerá, en gran medida, de que cuente con las personas más adecuadas en cada uno de los puestos. Para esto se tiene que hacer una planificación de los recursos humanos tanto cuantitativa como cualitativa.

En la Resolución No. 35 del 2010 del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de la República de Cuba se describe todo lo relacionado en materia de política de empleo, el ingreso de los trabajadores a cualquier entidad, su traslado hacia otros puestos de trabajo, la capacitación que deben recibir y otras directrices relacionadas.

El capítulo II se dedica al tratamiento de los trabajadores disponibles y en el artículo 15 establece que: “Las administraciones de las entidades, ya sean de subordinación nacional o local, autorizadas a declarar trabajadores disponibles, antes de realizar el proceso coordinan con las direcciones de trabajo correspondientes, las alternativas de empleo que presenta el territorio para la posible propuesta de reubicación a dichos trabajadores”.

Se deben tener presentes, además, los tipos de reinserción a utilizar (Figura 4.10). De esa manera, se tendrían ubicados a los obreros dentro de las áreas que podrían tener más posibilidades de empleo y así se reducirían las rotaciones de personal innecesario.

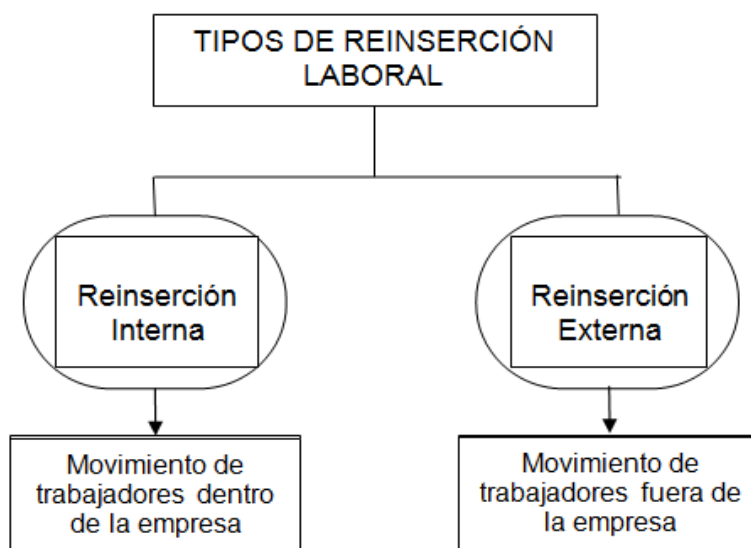


Figura 4.10. Tipos de reinserción laboral

La cantera San José cuenta con la siguiente plantilla de trabajadores, con la cual hay que implementar acciones de tratamiento desde la etapa de explotación hasta la de cierre de cantera.

Total de trabajadores: 151, del sexo femenino: 42, del sexo masculino: 109, Obreros: 93, Técnicos: 21, Administrativos: 3, Trabajadores Servicio: 31, Dirigentes: 3.

Del total de trabajadores, 122 son del propio municipio San José; aspecto a tener en cuenta a la hora de la propuesta presentada para el tratamiento del personal de la cantera.

En la cantera San José, tras el cierre, la reinserción a utilizar es interna, la cual se efectúa con la activa participación de los trabajadores, para que estos se involucren, puedan aportar sus conocimientos y expresar sus preferencias e intereses.

Para los trabajadores excedentes se considera la reinserción externa, la cual es más eficaz si se diseña de manera específica y funcional según las posibilidades reales de empleo. En este sentido, la reinserción se complementa con un conjunto más amplio de políticas gubernamentales territoriales e instrumentos financieros orientados a identificar o incentivar la creación de ocupaciones, preferentemente, dentro del territorio. Ver figura 4.11.

Tras el cierre de la cantera San José, según el estudio realizado, de los 151 trabajadores emplantillados se prevé las siguientes alternativas de reinserción laboral:

- ✓ 103 trabajadores permanecerán dentro de la empresa, reubicados en otros yacimientos, de ellos 55 necesitarán recalificación. (Alternativa I)
- ✓ 23 trabajadores se acogerán al retiro voluntario de la vida productiva. (Alternativa II)
- ✓ 26 trabajadores de servicios se prevé que sean reubicados en un nuevo puesto de trabajo con recalificación. (Alternativa II)

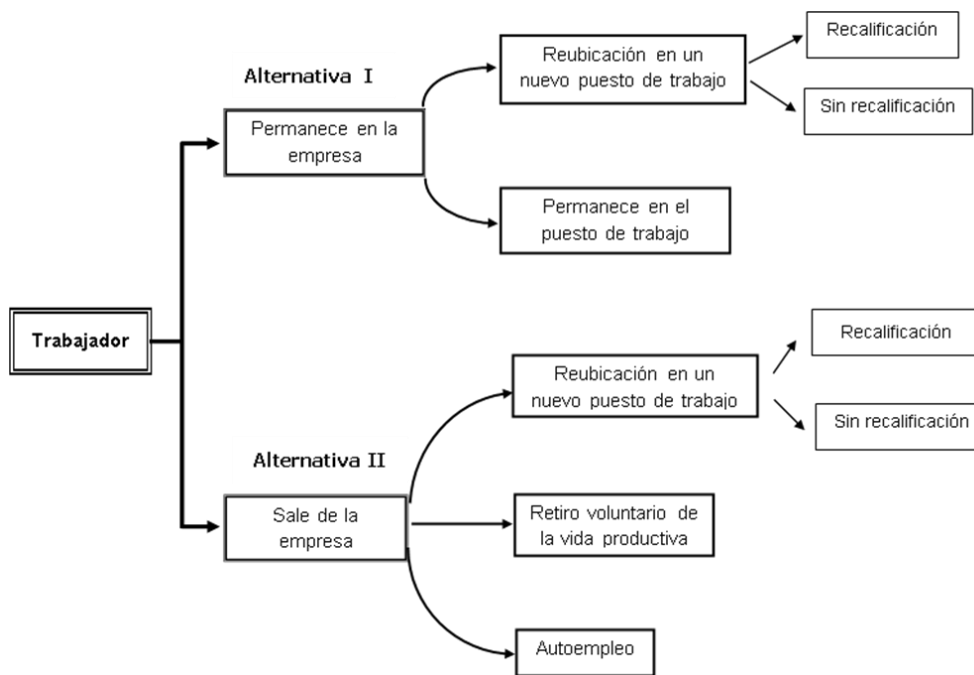


Figura 4.11. Alternativas de reinserción para un trabajador de la cantera San José

Las acciones a realizar, con respecto a la reinserción tras el cierre de la cantera San José, están dirigidas a la existencia de estrategias que permitan el surgimiento de actividades alternativas para las generaciones futuras de las zonas donde se ubica la cantera. Para ello, la empresa, el gobierno local, provincial y nacional, deben tener:

- ✓ Un pleno dominio de la política de empleo de la localidad minera. Para así, iniciar proyectos en las zonas en cierre o para reubicar los recursos disponibles, de la forma más eficiente, según lo estipulado en MEC.
- ✓ Las proyecciones exigen la creación de una estrategia que facilite una capacitación de perfil amplio donde aparezcan condiciones para que, al producirse el cierre de la cantera,

teniendo en cuenta sus conocimientos, los trabajadores puedan ser empleados por otras empresas o se puedan crear nuevas formas de empleo, sobre la base del perfil que posean los trabajadores acogidos a la alternativa II.

- ✓ Las actividades alternativas tienen como referencia obligatoria, en primer lugar, los estudios del entorno económico donde se ubica la cantera, con el propósito de conocer hacia qué empresa reubicar los trabajadores disponibles al momento del cierre.
- ✓ La determinación de posibles actividades a realizar en las instalaciones de la cantera, a partir de las tecnologías de que se disponen.
- ✓ Los decisores deben ser capaces de calcular los costos de la reinserción laboral y la factibilidad económica para crear nuevos espacios productivos, a partir de los pasivos que quedan al cierre de la cantera y de las capacidades profesionales de cada trabajador.

Actividades alternativas al cierre de minas

Alrededor del yacimiento objeto de estudio, se observan zonas agropecuarias y de embalses de agua que pueden ayudar a la toma de decisiones a la hora de determinar el uso futuro del espacio minado para que responda al desarrollo social de las comunidades cercanas.

Los usos posibles a que pueden destinarse los terrenos afectados por las explotaciones mineras, según la práctica minera nacional e internacional, pueden ser: urbanístico e industrial, recreativo, agrícola, forestal, conservación de la naturaleza y refugio ecológico, depósitos de agua y abastecimiento a poblaciones y vertederos de estériles y basuras.

Con el empleo del método de muestreo estadístico aleatorio simple y asumiendo un grado de confiabilidad de 95 %, se seleccionaron 60 puntos de muestreo que se ubicaron en el yacimiento según el plano topográfico del área ya explotada y la zona de agua (ver anexo 9 y 10).

Teniendo en cuenta cómo se comportó cada uno de los indicadores de degradación para áreas degradadas en canteras de áridos propuestos por Montes de Oca (2016), los resultados de la aplicación de la matriz de posibles usos finales para áreas degradadas de la cantera “San José” se muestran en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Determinación de los posibles usos finales del suelo para la cantera “San José”

Nivel de los indicadores de impacto							Posibles usos del área
Flora y fauna	Relieve	Paisaje	Fertilidad	Pendiente	Agua	Erosión	
2	2	2	2	2	1	2	Recreativo - Conservación - Depósito de agua

Cada uno de estos usos tiene sus exigencias y factores condicionantes propios; una vez analizados estos, se determina que la propuesta de uso final para la cantera San José es la de uso recreativo porque parte de las necesidades de los actores responsables (Planificación Física, gobierno local, CITMA y la comunidad) y se considera que:

- ✓ El terreno ya explotado está cerca del poblado Jamaica y puede ser adecuado para desarrollar diferentes actividades recreativas, especialmente, para los jóvenes.
- ✓ Se dispone de agua suficiente por lo que podrá construirse un lago para el disfrute de los pobladores del asentamiento Jamaica.
- ✓ El área debe acondicionarse remodelando el terreno, estabilizando los taludes y realizando el cercado perimetral del área con vista a evitar accidentes.

En la figura 4.12 se observa el área ya explotada dentro de la cantera San José propuesta a la rehabilitación con el fin de darle uso recreativo.



Figura 4.12. Área a rehabilitar en la cantera San José con fines recreativos

Todo el desarrollo socioproductivo que ha alcanzado la comunidad Jamaica, cercana al yacimiento, permite que se pueda crear un complejo minero integral donde se exploten todos los recursos que se encuentran en los yacimientos. Esto se hace realidad, creando condiciones para explotar los desechos de rocas residuales que la empresa produce como consecuencia de su esquema productivo y genera nuevas empresas que utilizarán los recursos humanos de perfil amplio que laborarán en las instalaciones de la cantera, como vía para introducir nuevas formas de producción en el territorio.

4. Estudio técnico económico del cierre

El estudio técnico económico del cierre es un aspecto fundamental de toda actividad minera, en el caso de estudio que ocupa se parte de que no se ha tomado acción alguna para el cierre de cantera, cuestión que hará más costosa cualquier actividad de recuperación que se realice, la propuesta se basará en dos situaciones fundamentales:

- Creación del fondo para el cierre: según lo planteado en la ley de minas se garantizará la creación de un fondo para la realización de las actividades del cierre progresivo y definitivo, así como, para el post cierre.
- Determinación del costo de cierre, se parte del costo de rehabilitación, costo de la reubicación laboral, costo del desmantelamiento y costo seguimiento y control.

En Cuba, aún no se ha resuelto la situación de la creación del fondo del 5% que establece la Ley de Minas, por lo que la propuesta del autor en el caso de la cantera San José es:

- ✓ Utilizar un 5% del valor de la producción mercantil bruta que, anualmente, asciende a 5 millones 503 mil pesos, como fondo acumulación para las actividades de cierre de cantera.
- ✓ Redistribuir la acumulación por actividades a realizar.

Como parte de la implementación del MEC, se considera que la actividad de explotación de cantera genera pocos ingresos con respecto a otras industrias de la zona de estudio, se toma en cuenta que el propio MEC establece el aporte del 1% de las ganancias de las empresas para ser utilizado en el desarrollo local y se garantiza la acción de los actores (Empresa-Comunidad-

Gobierno); se propone designar un monto del 1% del total aportado al territorio por las diferentes empresas, para apoyar las acciones del cierre de cantera que contribuyan al desarrollo local y sostenible de la comunidad donde se encuentra enclavada.

Estimado del costo ambiental

El yacimiento San José se encuentra en las cotas que oscilan desde la 102 a 162, la vida útil del yacimiento cuenta con reservas probadas para 25 años y reservas probadas más probables de 22 años.

Para poder establecer el estimado de los costos asociados con la mitigación de los impactos ambientales de la cantera San José Sur, se tuvieron en cuenta tres aspectos:

1. Estimado del costo para el control de las emisiones de polvo durante las operaciones

Para el control de las emisiones de polvo durante las operaciones mineras, por las características del material a explotar, se prevé el cálculo del equipamiento y la utilización de una pipa para el riego de agua que se extrae de las lagunas existentes en dicha cantera.

2. Estimado del área para la rehabilitación técnica y biológica

No procede la rehabilitación por quedar el frente de explotación activo, pero el área inundada (1.5 ha) se debe proteger (cercar) para evitar que ocurra un acto inseguro. Esta área cercada contará con dos vías de acceso (por los caminos ya existentes).

Base de cálculo para estimado

Indicadores	UM	
Área a cercar	ha	1.5
Perímetro	m	407
Longitud de alambre púa	m	406
Cantidad de postes	U	34
Diámetro poste	cm	10
Longitud del poste	m	2.5
Tipo de cerca		Cardona
Distancia de cercado	cm	15 - 20
Cantidad de tallos de Cardona		865
	u	

3. Estimado del costo para el monitoreo ambiental

Calidad de las aguas superficiales

Es necesario monitorear los parámetros de la laguna existente, según se muestra a continuación, para mantener su estado de conservación natural.

Parámetros	Cantidad de muestras	Precio unitario		Precio total	
		MN	CUC	MN	CUC
Turbidez	12	4.18	0.45	50.16	5.4
Sólido en suspensión	12	8.52	1.27	102.24	15.24
pH	12	28.7	3.71	344.4	44.52
Temperatura	12				
Conductividad	12	28.10	0.38	337.2	4.56
Total	60	40.8	5.81	489.6	69.72

Etapas III. Revisión y aprobación por la autoridad minera

Luego de revisado por la ONRM como autoridad minera, el documento que da la aprobación legal de este plan es la licencia por la autoridad ambiental del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente de la provincia en la Unidad de Medio Ambiente encargada de su revisión y aprobación.

Una vez aprobado este plan se pasa a la siguiente etapa:

Etapas IV: Desarrollo del plan de cierre

Aquí se ponen en práctica todas las medidas de recuperación expuestas anteriormente en la Etapa II, así como, la implementación de las medidas de estabilización física de las áreas de la cantera.

Etapas V. Seguimiento y control del proceso de cierre

Plan de seguimiento y control

Teniendo en cuenta que las mayores afectaciones ocurrirán en las componentes aire y agua subterránea, se describe a continuación una propuesta para su control sistemático:

1. Realización de una inspección semestral a las áreas de trabajo para comprobar el cumplimiento de las medidas del proyecto de explotación durante el período que dure la explotación del yacimiento.

2. Realización de un monitoreo por un período de cinco años, como mínimo, con el propósito de analizar periódicamente los niveles de recuperación y prestar especial interés en el componente agua.

Este programa de monitoreo consta de los siguientes subprogramas:

Calidad del aire

Creación de una estación permanente de muestreo de la calidad del aire (material particulado).

	<i>Lugar de medición</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Duración</i>	<i>Responsable</i>
<i>Indicadores a medir</i>				
Polvo en suspensión	Área del proyecto y sus alrededores.	Semestral	Vida útil	Ejecutor
Polvo sedimentable		Semestral	Vida útil	Ejecutor
	Área del proyecto zona cercana.			

Calidad de las aguas superficiales.

Creación de dos estaciones hidrológicas para la realización de aforos y muestreo de sólidos totales y calidad del agua.

<i>Indicadores a medir</i>	<i>Lugar de medición</i>	<i>Frecuencia</i>	<i>Duración</i>	<i>Responsable</i>
Turbidez	Ríos y arroyos en el límite de la concesión	Mensual	Durante 5 años	Ejecutor
Sólidos en suspensión		Mensual	Durante 5 años	Ejecutor
pH		Mensual	Durante 5 años	Ejecutor
Temperatura		Trimestral	Durante 5 años	Ejecutor

Suelo:

- Construir las bermas de seguridad según los parámetros de diseño de la cantera.
- Realizar un recorrido mensual para observar si se forman cárcavas y corregirlas en caso de que se hayan formado.

Conclusiones

- Con la aplicación de la metodología se brindan las herramientas necesarias en el proceso de cierre de canteras, así como las alternativas más viables en el proceso de cierre integral y se considera el ciclo de vida de la cantera.
- La atención de la participación de los diferentes actores (Empresa-Comunidad-Gobierno) en el proceso de cierre de canteras durante todo el ciclo de vida de la misma, permite la mejor toma de decisiones en función de posibles usos luego de agotado el mineral.
- La determinación del uso final del espacio minado en la cantera San José contribuirá al desarrollo local de la comunidad de Jamaica.

CONCLUSIONES

- 1) La metodología propuesta constituye la base del conocimiento para la proyección y ejecución del cierre de canteras de materiales para la construcción, donde se consideran las características del Modelo Económico Cubano y las dimensiones de la sostenibilidad.
- 2) La metodología representa una contribución a la planificación y el diseño del cierre minero en yacimientos de materiales para la construcción al tener en cuenta la resiliencia en la adaptación al cambio climático, al considerar los instrumentos como la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, el Acuerdo de París sobre cambio Climático y el Marco de Sendai para la Reducción de riesgos de desastres 2015-2030.
- 3) Se estableció a través de método Delphi un sistema de 12 criterios que inciden directamente en el cierre sostenible de canteras, que permitió identificar el aporte de la minería de materiales para la construcción al Modelo Económico Cubano.
- 4) La implementación de la metodología en el yacimiento San José permitió validar la aplicabilidad y efectividad de la misma, al considerar la planificación integral del cierre de cantera durante el ciclo de vida de la misma, el establecimiento del tratamiento legal del cierre, la evaluación de riesgo del cierre, la determinación del papel de los actores o grupos de interés (empresa-gobierno-comunidad), la propuesta de tratamiento al personal, futuros usos de la cantera y programas sociales a implementar.

RECOMENDACIONES

1. Establecer por los organismos competentes los instrumentos legales que permitan su aplicación para el cierre sostenible de canteras de materiales para la construcción.
2. Profundizar en los estudios relacionados con los aspectos socioculturales y económicos que inciden directamente en el cierre de canteras en el contexto del Modelo Económico Cubano.
3. Perfeccionar los Planes de Reducción de Desastres de las empresas de materiales para la construcción que permitan disminuir las vulnerabilidades y riesgos en el cierre de las canteras.
4. Implementar un sistema de toma decisiones a partir de los resultados de la presente investigación para el cierre de yacimientos no metálicos con sus particularidades específicas.

BIBLIOGRAFÍA

- Administración Provincial Mayabeque. Dirección de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente. (2016). *Estrategia ambiental provincial. Ciclo estratégico 2016 / 2020.*
- Aduvire, H., Jimeno, C. L. & Aduvire, O. (1999). Inventory and risk assessment using a Pc during closure procedure of abandoned mines. In *Mine, Water & Environment Congress.*
- Aduvire, H. & Aduvire, O. (2000). *Cierre y abandono de labores mineras para la protección de la salud y el medio ambiente.* Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/58578384/19-CIERRE-DE-MINAS>
- Asamblea General de las Naciones Unidas. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2015). *Agenda 2030 y los objetivos de Desarrollo Sostenible.* 48 p.
- Babi, K., Asselin, H. & Benzaazoua, M. (2016). Stakeholders' perceptions of sustainable mining in Morocco: a case study of the abandoned Kettara mine. *The Extractive Industries and Society*, 3(1), 185-192.
- Barnes, H., Hawthorne, T. & Willians, D. (1999). Estimation site closure costs-A critical tool for reclamation planning. In *Minerals Council of Australia Environmental Workshop* (Vol. 83).
- Blanco Torrens R. (2005). *Ordenamiento y cierre de minas. Riesgos Geodinámicos en la Actividad Minera*, Tomo I y tomo II. Ecuador: CYTED.
- Blanco Torrens, R., Watson Quesada, R. y Guerrero Almeida, D. (2000). Abandono y cierre de minas. En Villas Bôas, R. & Barreto, M. L. (editores). *Cierre de Minas: experiencias en Iberoamérica.* Rio de Janeiro: CYTED/MAAC/UNIDO.
- Bolger, P. M., Duszak, Z., Koczkodaj, W. W., & Mackasey, W. O. (1993, September). Ontario Abandoned Mine Hazards Prioritizing-an Expert System Approach. In *Proceedings of the 15th Annual Abandoned Mine Land Conference*, Jackson, Wyoming (Vol. 370, p. 388).
- Cañete Pérez C. C. (1997-2006). *Actas de Inspección Estatal ONRM (Minería y Medio Ambiente). Yacimientos de Cuba.* La Habana. (Buscar en la Habana)
- Cassie, J. and McKenna, G. (2016). "Mine Closure Planning, Design and Implementation: From Hand-Waving to Reality", In Wiertz, J y Priscu, D., (eds). *Memorias de First International Congress on Planning for Closure of Mining Operations, Santiago, Chile.*
- Castellanos Suárez, J., Alfonso Olmo, E., Picayo Flores, A., Rodríguez, J. E. y García, E. (2000). Minería y Medio Ambiente del cierre temporal de mina En Villas Bôas, R. & Barreto, M. L. (editores). *Cierre de Minas: experiencias en Iberoamérica.* Rio de Janeiro: CYTED/MAAC/UNIDO.

- Chacón Pérez, Y. (2012). *Criterios para la ejecución del cierre de minas en el yacimiento Yagrumaje Sur*. Trabajo de diploma. Instituto Superior Minero Metalúrgico. 92 p.
- Comité Central del PCC. (2017). *Acepción de algunos términos utilizados en la Conceptualización del Modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista y en las Bases del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030*. Tabloide Especial II. La Habana, 8 p. Disponible en: <http://www.granma.cu/>
- Comité Central del PCC. (2017). *Bases del Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030: Visión de la Nación, Ejes y Sectores Estratégicos*. Tabloide Especial I. La Habana, 14-22. Disponible en: <http://www.granma.cu/>
- Comité Central del PCC. (2017). *Conceptualización del Modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista. Tabloide Especial I*. La Habana, 2-13. Disponible en: <http://www.granma.cu/>
- Comité Central del PCC. (2017). *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021. Tabloide Especial I*. La Habana, 23-32. Disponible en: <http://www.granma.cu/>
- Cortés, A. P., & Sánchez, C. M. (2017). Identificación de costos ambientales de cierre de faenas mineras en Chile. *Teuken Bidikay*, (10).
- Cowan, W. R., Mackasey, W. O., & Robertson, J. G. (2010). *The policy framework in Canada for mine closure and management of long-term liabilities: a guidance document*. Prepared for the National Orphaned/Abandoned Mines Initiative. Cowan Minerals Ltd., Sudbury, Ontario. Disponible en <http://www.Minasabandonadas.Org/pdfs/PolicyFrameworkCanforMinClosureandMgmtLiabilities.Pdf>.
- Deb, M., & Sarkar, S. C. (2017). Sustainable Development of Mineral Resources. In *Minerals and Allied Natural Resources and their Sustainable Development* (pp. 473-488)., Singapore: Springer.
- Decreto N° 326 (2014). *Reglamento del Código del Trabajo*.
- Durand Megret, M. (2010). *Propuesta de un procedimiento para la elaboración ejecución y control de un plan de cierre de mina*. Tesis de Especialista en Medio Ambiente. Instituto Superior Minero Metalúrgico. 83 p.
- Falero-Salgado, R. A. (2011). Consideraciones y propuesta de formato para la elaboración de planes de cierre de minas. En: *Memorias, Trabajos y Resúmenes. IV Convención Cubana de*

- Ciencias de la Tierra (Geociencias' 2011)*. [CD-Rom]. La Habana: Centro Nacional de Información Geológica, Instituto de Geología y Paleontología de Cuba.
- Fonseca, D. (2012). *Metodología para la ejecución del cierre de minas de manera sostenible en la minería metálica cubana*. Tesis de Maestría. Instituto Superior Minero Metalúrgico. 99 p.
- Fourie, A. & Brent, A. C. (2006). A project-based mine closure model (MCM) for sustainable asset life cycle management. *Journal of Cleaner Production*, 14(12), 1085-1095.
- Fourie, A., Tibbett, M. y Wiertz, J. Eds. (2007). *Mine Closure 2007. Proceedings of the Second International Seminar on Mine Closure*, Santiago, 16-19 Octubre 2007, 880 p.
- Franco Concha, P.P., Angulo, M. E., Cáceres. R. (2011). Tratamiento contable de la provisión por cierre de minas. *Journal of Business*, 3(1), 25-43.
- Fuentes Sardiñas, R. (2007). *Principales impactos ambientales generados por tajos y canteras de materiales para la construcción en la provincia de Matanzas*. Tesis (en opción al título académico de Máster en Gestión Ambiental y Protección de los Recursos Naturales). Centro de Estudios de Medio Ambiente y Energía, Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
- Fuentes Sardiñas, R. (2013). *Metodología para el diagnóstico y rehabilitación de canteras de materiales para la construcción. Caso de estudio: cantera La Zamora, Matanzas*. Tesis doctoral. Universidad de Pinar del Río. 100 p.
- García Fabré M. C. (2000). *Rehabilitación Ambiental de los minados de la Cantera Palmarito de Cauto*. Tesis de Maestría en Medio Ambiente. Especialidad Geofísica Aplicada al Medio Ambiente Físico. ISJAE, La Habana.
- García, M. (2010). La normativa ambiental y la repercusión de conflictos en el desarrollo de la actividad minera. Una aproximación al caso cubano. En: *Calidad ambiental y sostenibilidad*, Tomo 1, UAG (Desarrollo regional y medio ambiental problemas y alternativas de gestión sostenible. 23 p.
- García, M. (2011). Contribución al desarrollo de la actividad minera de áridos en la provincia Ciudad de La Habana: Hacia una gestión ambiental y manejo sostenible. En *Trópico 2012*. (Libro de resúmenes), 15 p.
- García, M. (2012). *Guía metodológica para la evaluación ambiental de áreas degradadas en minas abandonadas. Contribución a su recuperación para la sostenibilidad local*. La Habana: Oficina Nacional de Recursos Naturales (ONRN) e Instituto de geografía Tropical. 60 p.
- Giurco, D., & Cooper, C. (2012). Mining and sustainability: asking the right questions. *Minerals Engineering*, 29, 3-12.

- González Fernández, J. A, Ibargüen Fleitas, R., González Castellanos, Z. M, Martínez Santos, I. y Juan Suárez, M. E. (2012). *Diagnóstico Ambiental UEB Cantera Guanabacoa*. Ciego de Ávila: Empresa de Canteras. Ministerio de la Construcción. Agencia de Estudios Medio Ambientales Empresa GEOCUBA Camagüey. p. 55.
- González Fernández, J. A, Ibargüen Fleitas, R., González Castellanos, Z. M, Martínez Santos, I., Juan Suárez, M. E. (2012). *Diagnóstico Ambiental UEB Caimito*. Ciego de Ávila: Empresa de Canteras Ministerio de la Construcción. Agencia de Estudios Medio Ambientales Empresa GEOCUBA Camagüey. p. 54.
- González Fernández, J. A, Ibargüen Fleitas, R., González Castellanos, Z. M, Martínez Santos, I., Juan Suárez, M. E.(2012). *Diagnóstico Ambiental UEB Alacranes*. Ciego de Avila: Empresa de Canteras Ministerio de la Construcción. Agencia de Estudios Medio Ambientales. Empresa GEOCUBA Camagüey. p.36.
- GRI. (2013). G4 Sustainability Reporting Guidelines. Disponible en: <https://www.globalreporting.org/reporting/g4/Pages/default.aspx>.
- Guardado Lacaba, R. y Vallejo Raposo, O. (2002). Propuesta de Indicadores Ambientales Sectoriales para el Territorio de Moa. En Villas Bôas, R. & Beinhoff, C. (editores). *Indicadores de sostenibilidad para la Industria Extractiva Minera*. Río de Janeiro: NPq/CYTED. p. 353-36.
- Guardado Lacaba, R., Blanco Torrens, R. y Rodríguez Fernández, R.M. (2003). Evaluación y Conservación del Patrimonio Geológico – Minero En Villas Bôas, R., González Martínez, A. y de Albuquerque, G. A. (editores). *Patrimonio geológico y minero en el contexto del cierre de minas*. p. 203-214.
- Guerrero Almeida, D, (2003). Sistema de indicadores mineros para la explotación sostenible de los yacimientos minerales. Tesis presentada en opción al título de Doctor en Ciencias Técnicas. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Facultad de Geología y Minería. 257 p.
- Guerrero Almeida, D. (2005). Sistema de indicadores mineros para la explotación sostenible de los recursos minerales. *Minería & Geología*, 21(2), 55.
- Guerrero Almeida, D. & Figueredo, O. (2010). Impacto ambiental del método de explotación por cámaras y pilares, aplicado en el yacimiento Las Merceditas de Cuba. En: *1ra Jornada Iberoamericana de la Red Masys. Ministerio de Industria, Comercio y Trabajo de Córdoba, Ciencia y Tecnología para el Desarrollo*. Memorias. Ayacucho, Perú, 83-98.
- Guerrero Almeida, D., Chacón, Y., Fonseca, D. & Court, M. (2014). Metodología para la ejecución de un cierre de minas sustentable. *Minería & Geología* 30(3), 85-103.

- Hasheela, I., Schneider, G. I. C., Ellmies, R., Haidula, A., Leonard, R., et al. (2014). Risk assessment methodology for shut-down and abandoned mine sites in Namibia. *Journal of Geochemical Exploration*, 144, 572-580.
- Haslam McKenzie, F., Hoath, A., Paul, V., (2011). Managing land use conflicts for sustainable futures: tourism, agriculture and mining. In: *Proceedings of the International Conference on Sustainable Development Indicators in the Minerals Industry (SDIMI)*, Aachen, Germany.
- Hernández, A. (2013). Impacto ambiental sobre las aguas subterráneas de la explotación de canteras para la construcción. *Taller Sociedad Económica Amigos del País*. La Habana, Cuba. 38 p.
- Hernández, J. L. (1992). *Geología y Geotecnia aplicada a la estabilidad de los taludes de la zona Chinforinazo centro de la mina a cielo abierto Peña Colorada, Colima*. Tesis profesional. ESIA-Instituto Politécnico Nacional, 58 p.
- Hilson, G. & Murck, B. (2000). Sustainable development in the mining industry: clarifying the corporate perspective. *Resources policy*, 26(4), 227-238.
- ICMM (International Council on Mining and Metals). (2008). *Planning for Integrated Mine Closure: Toolkit*. London: ICMM. 86 p. Disponible en: <http://www.icmm.com>.
- ICMM. (2011). *A Guide to leading practice Sustainable Development in mining, Australia*. Disponible en: <http://www.ret.gov.au>.
- Instituto Tecnológico Geominero de España (1989). *Manual de Restauración de Terrenos y Evaluación de Impactos Ambientales*. Madrid: Instituto Tecnológico GeoMinero de España. 321.p
- Instituto Tecnológico Geominero de España (Ed.). (1999). *Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería* (Vol. 2). Madrid: IGME.
- International Mining (2013). *Workforce safety is top priority for leading mining companies, says new global study*. Disponible en: <http://www.im-mining.com/2013/01/25/workforce-safety-is-top-priority-for-leading-mining-companies-says-new-global-study/>.
- IRMA, 2013. Initiative for responsible mining. Disponible en: <http://www.responsiblemining.net/>.
- ISO 10013-2000. *Directrices para la documentación de sistemas de gestión de la calidad*.
- Jones, H. (2008). Closure objectives, guidelines and actual outcomes, In AB Fourie, M Tibbett, IM Weiersbye & P Dye (eds). *Proceedings of the Third International Seminar on Mine Closure, Mine Closure 2008*. Perth: Australian Centre for Geomechanics, pp. 245-254.
- Jones, H. (2012 a), 'Closure objectives, guidelines and actual outcomes'. In MJ Noakes (ed), *Cost estimation handbook, Australasian*. Sydney: Institute of Metals and Metallurgy (AusIMM).

- Jones, H. (2012 b), Rehabilitation levies. In AB Fourie & M Tibbett (eds). *Proceedings of the International Mine Closure 2013 Congress, Brisbane*.
- Kabir, S. Z., Rabbi, F., Chowdhury, M. B. & Akbar, D. (2015). A review of mine closure planning and practice in Canada and Australia. *World Review of Business Research*, 5 (3).
- Kemp, D., Owen, J.R. (2013). Community relations and mining: core to business but not “core business”. *Resour. Policy* 38 (4), 523–531.
- Kenrick, V. (2012). Sustainability in mining models. *World Pumps*, (7), 44-47.
- Krzemień, A., Sánchez, A. S., Fernández, P. R., Zimmermann, K., & Coto, F. G. (2016). Towards sustainability in underground coal mine closure contexts: A methodology proposal for environmental risk management. *Journal of Cleaner Production*, 139, 1044-1056.
- Laurence, D. (2001). Classification of risk factors associated with mine closure. *Mineral Resources Engineering*, 10 (03), 315-331.
- Laurence, D. (2005). Optimisation of the mine closure process. *Journal of Cleaner Production*, 14 (3), 285-298.
- Laurence, D. and Scoble, M. (2009). Integration of Sustainability Into Mining Schools? Counter-Cyclical Strategies, in SDIMI 2009 - Sustainable Development Indicators in the Minerals Industry, AusIMM, Melbourne, presented at SDIMI 2009 - Sustainable Development Indicators in the Minerals Industry, Gold Coast Queensland, 6–8 July.
- Legrá Lobaina, A. A. y Silva, Diéguez. O. (2011). *La investigación científica, Conceptos y reflexiones*. Habana: Félix Varela, pp.445
- Legrá Lobaina, A. A. y Silva, Diéguez. O. (2012). *Aplicación Informática para aplicar el Método de Expertos Delphi. Manual de ayuda, Versión 1.0*, pp. 19
- Legrá Lobaina, A. A. y Silva Diéguez, O. (2015). *Elementos teóricos y prácticos de la investigación científico-tecnológica*. La Habana: Editorial Félix Varela, pp.568.
- Ley No.76, Ley de Minas. (1995). *Gaceta Oficial de la República de Cuba*.
- Ley No.81 (1997). Ley de Medio Ambiente. *Gaceta Oficial de la República de Cuba*, (7).
- Ley No.85, Ley Forestal. (1998). *Gaceta Oficial de la República de Cuba*.
- Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución (2011), VI Congreso del Partido Comunista de Cuba, pp.38.
- López, J., Rocamora, E., Jaímez, E.; Valdez, G. & Campos, M. (2012). Rehabilitación ambiental en zonas degradadas por la minería. *Revista Informativa Nuestro Pórtico de Calvista*, 15 agosto, 10-11. Disponible en: <http://www.boletininformativonuestroportico.com/>

- López, K. and Flores, I. (2016). "Plan of Closure as Part of the Processes of Planning in Mining Operations", en Wiertz, J y Priscu, D., (eds). *Memorias de First International Congress on Planning for Closure of Mining Operations, Santiago, Chile.*
- López-Kramer, J. (2013). Rehabilitación Ambiental en zonas degradadas por la minera y las plantas de procesamiento de minerales. En: *Taller. Instituto de Geofísica y Astronomía-Facultad de Geografía Universidad de La Habana.* Disponible en: <http://www.iga.cu/noticias/taller-iga-uh.html>.
- López-Kramer, J. Rocamora, E., Jaimez-Salgado, E., Valdez-Hernández, G., Campos-Dueñas, M. (agosto, 2012). Rehabilitación ambiental en zonas degradadas por la minería. *Revista Informativa Nuestro Pórtico de Calvista Gold Corporation*, 15, 10-11, Disponible en: <http://www.boletinformativonuestroportico.com/>
- López-Kramer, J. M., Jaime-Salgado, E., Guerra-Olivia, M., Borrero-Ojeda, N. M. (2015). Caracterización medioambiental de 12 canteras en explotación para materiales de construcción ubicadas en las provincias de La Habana, Artemisa y Mayabeque. *Revista Ciencias de la Tierra y el Espacio*, 16 (1), enero-junio, 2015, 40-52.
- MacDonald, A., & Gibson, G. (2006). The rise of sustainability: Changing public concerns and governance approaches toward exploration. *Special Publication of Society of Economic Geologists*, 12, 127.
- Martínez Silva. (2012). Explotación minera. Conferencia. Moa: Instituto Superior Minero Metalúrgico. 89 p.
- McCullough, C. D. (2016, March). Key mine closure lessons still to be learned. In *Proceedings of the 11th International Conference on Mine Closure*. Australian: Centre for Geomechanics. pp. 325-338).
- McGuire, G. (2016). "Sustainability Planning or Closure Planning?". In Wiertz, J y Priscu, D., (eds). *Memorias de First International Congress on Planning for Closure of Mining Operations, Santiago, Chile.*
- Meadows, D. H., Meadows, D. L., Randers, J. & Behrens, W. W. (1972). *The limits to growth*, 102, 27.
- Milián. M. E. (2012). *Procedimiento para la rehabilitación minera ambiental de yacimientos polimetálicos*. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Instituto Superior Minero Metalúrgico, Moa. 100p.
- Miller, C. G. (2005). Financial Assurance for Mine Closure and Reclamation. International Council on Mining and Metals. Ottawa, Canada.

- Montero Peña, J. M. (2002). Los Indicadores de Sustentabilidad en la Minería. En Villas Bôas, R. & Beinhoff, C. (eds). *Indicadores de Sostenibilidad para la Industria Extractiva Minera*. CNPq/CYTED, Rio de Janeiro. p. 31–46.
- Montero Peña, J. M. (2006) El desarrollo compensado como alternativa a la sustentabilidad en la minería (aprehensión ético-cultural). Tesis doctoral. Universidad de La Habana. 147 p.
- Montero Peña, J. M. (2011) “Realidad minera y sustentabilidad en la minería”. *Revista Futuros*, (13). Disponible en: <http://www.revistafuturos.info>.
- Montero Peña, J. M. & Salazar Pérez, Y. (2011). La reinserción laboral tras el cierre de minas: una vía para lograr el desarrollo sustentable en la minería. *Minería & Geología* 27(4), 64-87.
- Montero Peña, J. M. & Salazar Pérez, Y. (2014). La planificación del cierre de minas como parte de la sustentabilidad en la minería [CD-Rom]. Matanzas: Universidad de Matanzas.
- Montero-Matos, J. & Otaño-Nogel, J. (2012). Impacto socioeconómico y ambiental de la creación de un procedimiento para efectuar el cierre de canteras de materiales de construcción. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*, Noviembre 2012. Disponible en: <http://caribeña.eumed.net/impacto-socioeconomico-y-ambiental-de-la-creacion-de-un-procedimiento-para-efectuar-el-cierre-de-canteras-de-materiales-de-construccion-en-Cuba/>
- Montero-Matos, J., Otaño-Nogel, J., & Guerrero-Almeida, D. (2016). Procedimiento para el cierre de canteras de materiales para construcción en Cuba. *Minería & Geología*, 32 (1), 106-120.
- Montero-Matos, J., Restrepo-Baena, O. J. & Otaño Nogel, J. (2017). Cierre sostenible de canteras de materiales para la construcción en Cuba. *Minería & Geología*, 33(4), 448-463.
- Montes de Oca Risco, A. (2012) Recuperación de áreas minadas de canteras de materiales de construcción de Santiago de Cuba. Tesis de Maestría. Instituto Superior Minero Metalúrgico. 80 p.
- Montes de Oca Risco, A. (2016) Procedimiento para la recuperación de áreas degradadas en canteras de áridos. Tesis doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico. 100 p.
- Montes de Oca Risco, A. & Ulloa-Carcassés M. (2013). Recuperación de áreas dañadas por la minería en la cantera Los Guaos, Santiago de Cuba, Cuba. *Luna Azul* (37), 74-78. Disponible en: <http://lunazul.ucaldas.edu.co/index.php?option=content&task=view&id=846>
- Montes. B. C, (2002) Consideraciones técnicas, legales, económicas y ambientales de los planes de cierre y abandono de faenas mineras. Santiago de Chile: Universidad de Santiago de Chile. Facultad de ingeniería. Departamento de ingeniería geográfica. 21 p.

- Morales, A. (2016). "Chilean Mine Closure Regulation: Progress and Challenges". In: Wiertz, J y Priscu, D., (eds). *Memorias de First International Congress on Planning for Closure of Mining Operations, Santiago, Chile*.
- Morrison-Saunders, A., McHenry, M. P., Rita Sequeira, A., Gorey, P., Mtegha, H., & Doepel, D. (2016). Integrating mine closure planning with environmental impact assessment: challenges and opportunities drawn from African and Australian practice. *Impact Assessment and Project Appraisal*, 34 (2), 117-128.
- Mudder, T., & Harvey, K. (1998) Closure concepts. *Mining Environmental Management*, 6 (6).
- Mulligan, D. (2014) Life-of-mine (2014). *AusIMM Bulletin*, (5), Oct, 92. Disponible en: <http://search.informit.com.au/documentSummary;dn=606717993744116;res=IELAPA>.
- Mulligan, D. (2014) Source: *AusIMM Bulletin*, (5), Oct 92.
- Mulligan, D. (2016). "Planning for the Closure Options: The Realities and the Opportunities". In Wiertz, J y Priscu, D., (eds). *Memorias de First International Congress on Planning for Closure of Mining Operations, Santiago, Chile*.
- Nehring, M. & Cheng, X. (2016). An investigation into the impact of mine closure and its associated cost on life of mine planning and resource recovery. *Journal of Cleaner Production*, 127, 228-239.
- Núñez, L. and Flores, I. (2016). "Concept of Lifecycle and its Relation to the Planning of Closure and Environmental Assessment of Mining Projects". In Wiertz, J y Priscu, D., (eds). *Memorias de First International Congress on Planning for Closure of Mining Operations, Santiago, Chile*.
- Oficina Nacional de Normalización: "NC 30: (1999). *Calidad del suelo. Tierras alteradas. Requisitos generales para la restauración*". La Habana.
- Oficina Nacional de Normalización: "NC 18000. (2005). Seguridad y Salud en el Trabajo – Sistemas de Gestión de la Seguridad y la Salud Ocupacional – Vocabulario". La Habana.
- Oficina Nacional de Normalización: "NC 18001. (2005). Seguridad y Salud en el Trabajo – Sistemas de Gestión de la Seguridad y la Salud Ocupacional – Requisitos". La Habana.
- Oficina Nacional de Normalización: "NC 18002. (2005). Seguridad y Salud en el Trabajo – Sistemas de Gestión de la Seguridad y la Salud Ocupacional – Directrices para la Implantación de la Norma NC 18001". La Habana.
- Oficina Nacional de Normalización: "NC 18011. (2005). Seguridad y Salud en el Trabajo – Directrices generales para la evaluación de sistemas de Gestión de la Seguridad y la Salud Ocupacional – Proceso de auditoría". La Habana.

- Oficina Nacional de Recursos Minerales (2013). *Documento resumen del Taller de Cierre de Minas*. Habana. Cuba. 20 p.
- ONU (1987). Informe Brundtland: Nuestro Futuro Común.
- ONU (2015). Acuerdo de París sobre cambio Climático.
- ONU (2015). Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030. Disponible en: https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf
- Oyarzún Muñoz, J. (2008) Curso de Planes de cierre de minas. Chile: Universidad La Serena.
- Oyarzún Muñoz, J. (2016). "Rocks and Ore Deposits Geochemistry in Chile: Its Bearings in Mine Closure Decisions". In Wiertz, J y Priscu, D., (eds). *Memorias de First International Congress on Planning for Closure of Mining Operations, Santiago, Chile*.
- Paredes, A. (2003). *Evolución de las Prácticas Internacionales para el Planeamiento del Cierre de Minas*. Perú: Golder Associates.
- Piña, R. A. (2006). *La gestión del conocimiento: Herramientas para la toma de decisiones estratégicas en el cierre de minas*. Holguín: IDICT filial Holguín.
- Plá, F. (2002). *Fundamentos de Labores de Mina*. España: Universidad Politécnica de Madrid. 288 p.
- Ponce-Seoane, N. & Díaz-Comesañas, J. (2013). "Impactos y pasivos ambientales de la minería a cielo abierto en Cuba y propuestas de soluciones". *Taller. IGP*. La Habana: Universidad de La Habana. Disponible en: <http://www.iga.cu/noticias/taller-iga-uh.html>.
- "¿Qué diferencia existe entre Desarrollo sostenible y Desarrollo sustentable?" (30 de abril, 2013). *Periódico Granma*, 121, 2. Disponible en: <http://www.granma.cubaweb.cu>
- Reynoso, V. (2003) Desarrollo y sostenibilidad de la minería artesanal en Perú. En: Villas Boas, R., Aranibar, A. *Pequeña minería y minería artesanal en Iberoamérica*. Río de Janeiro: CETEM/CYTED/CONACYT, p. 161-168.
- Richards, J. (2002). Sustainable Development and the Mineral Industry. *Society of Economic Geologists Newsletter*, 48 (1), 8-12.
- Rixen, A., & Blangy, S. (2016). Life after Meadowbank: Exploring gold mine closure scenarios with the residents of Qamini'tuaq (Baker Lake), Nunavut. *The Extractive Industries and Society*, 3 (2), 297-312.
- Rodríguez Córdova, R. (2002) *Economía y recursos naturales*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.

- Rodríguez, R. (2011) Los desafíos a que se enfrenta el cierre de minas en el siglo XXI. En: Memorias, Trabajos y Resúmenes. *IV Convención Cubana de Ciencias de la Tierra (Geociencias'2011)*. [CD-ROM]. La Habana: Instituto de Geología y Paleontología de Cuba.
- Salazar Pérez, Y., Montero Peña, J. M., Marrero Marrero, M., Romero Fernández, A. (2014). *El cierre sustentable de las minas: necesidad impostergable*. [CD-ROM]. Matanzas: Universidad de Matanzas.
- Sánchez, F., Nájjar, E. and Córdova D. (2016). “Cost Assessment of Open-Pit Closure Plan Alternatives”, In Wiertz, J y Priscu, D., (eds). *Memorias de First International Congress on Planning for Closure of Mining Operations, Santiago, Chile*.
- Santana Maurell, O., Sánchez Cabrera, M., (2001) El cierre de minas y el desarrollo sostenible. En: *IV Congreso Cubano de Geología y Minería, Memorias Geomin 2001*. [CD-ROM]. La Habana: Instituto de Geología y Paleontología de Cuba.
- Smith, H. (2016). “Life of Mine Planning and Cultural Sustainability on Aboriginal Land” In Wiertz, J y Priscu, D., (eds). *Memorias de First International Congress on Planning for Closure of Mining Operations, Santiago, Chile*.
- Sommer, N and Gardner, A (2012). ‘Environmental securities in the mining industry: A legal framework for Western Australia’. *Australian Resource and Energy Law Journal*, 31, 242-262.
- Stothard, P., & Laurence, D. (2014). Application of a large-screen immersive visualisation system to demonstrate sustainable mining practices principles. *Mining Technology*, 123 (4), 199-206.
- Swart, S. J., Pulles, W., Boer, R. H., Kirkaldy, J., & Pettit, C. (1998). Environmental risk assessment as the basis for mine closure at Iscor Mining. *Journal-South African Institute of Mining and Metallurgy*, 98, 1-6
- Upton, B., Harrington, T., Mendenhall, S., & Whitehall, M. (2004). *Sustainable Development and Mine Closure Planning, A Case Study, Golden Sunlight Mine, Jefferson County Montana*.
- Vaszita, E. (2014) Environmental risk of mining. Engineering Tools for Environmental Risk Management: 1. *Environmental Deterioration and Contamination-Problems and their Management*, 1, 113.
- VI Congreso del Partido Comunista de Cuba. (mayo 2011). *Información sobre el resultado del debate de los lineamientos de la política económica y social del Partido y de la Revolución*. Disponible en: http://www.cubadebate.cu/wp-content/uploads/2011/05/tabloide_debate_lineamientos.pdf.

- Vidal Alejandro, P., & Pérez Villanueva, O. E. (2012). *Miradas a la economía cubana: el proceso de actualización*. La Habana: editorial Caminos.
- Villas Bôas, R. & Barreto, M. L. (2000). *Cierre de Minas: experiencias en Iberoamérica*. Rio de Janeiro: CYTED/MAAC/UNIDO, 581p.
- Villas Bôas, R. & Beinhoff, C. (2002). *Indicadores de Sostenibilidad para la Industria Extractiva Minera*. Rio de Janeiro: CNPq/CYTED, 564 p.
- Vintró, C., Sanmiquel, L., & Freijo, M. (2014). Environmental sustainability in the mining sector: Evidence from Catalan companies. *Journal of cleaner production*, 84, 155-163.
- Walser, T., Demou, E., Lang, D. J., & Hellweg, S. (2011). Prospective environmental life cycle assessment of nanosilver T-shirts. *Environmental science & technology*, 45 (10), 4570-4578.
- Warhurst, A. y Noronha, L. (2000). *Environmental Policy in Mining. Corporate Strategy and Planning for Closure*. Boca Ratón, Florida, USA: Lewis Publishers, 513 p.
- Watson Quesada, R. (2008). *Situación actual y perspectiva de la explotación de yacimientos de materiales de construcción*. Moa: Instituto Superior Minero Metalúrgico, 20 p.
- Weeks, B. and Marambio, C. (2016). "Efficient Closure Cost Estimating", In Wiertz, J y Priscu, D., (eds). *Memorias de First International Congress on Planning for Closure of Mining Operations, Santiago, Chile*.
- White, B., Doole, G. J., Pannell, D. J. and Florec, V. (2012). 'Optimal environmental policy design for mine rehabilitation and pollution with a risk of non-compliance owing to firm insolvency'. *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 56, 280- 301.
- Wilson, T. E., Milne, C. and Dyhr, T. M. (2003). Cost Trends-Mine Closure. SME Annual Meeting Feb. 24-26, Cincinnati, Ohio Preprint 03-004.
- Wong, H., Morvan, M., Deleruyelle, F., & Leo, C. J. (2008). Analytical study of mine closure behaviour in a poro-elastic medium. *Computers and Geotechnics*, 35 (5), 645-654.

ANEXOS

ANEXO 1. PRODUCCIÓN CIENTÍFICA DEL AUTOR SOBRE EL TEMA DE LA TESIS

Artículos publicados:

- Montero-Matos, J., Restrepo-Baena, O. J. & Otaño-Nogel, (2017). Cierre sostenible de canteras de materiales para la construcción en Cuba. *Minería & Geología*, 33(4), 448-463. ISSN: 1993 8012.
- Montero Matos, J. et al. (2016). Cierre sostenible de canteras de materiales para la construcción en Cuba publicado en las memorias de la Convención Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación del 31 de octubre al 4 noviembre de 2016 Palacios de las Convenciones de La Habana. ISBN: 978-959-234-114-2.
- Montero-Matos, J., Otaño-Nogel, J., & Guerrero-Almeida, D. (2016). Procedimiento para el cierre de canteras de materiales para construcción en Cuba. *Minería & Geología*, 32(1), 106-120. ISSN: 1993 8012.
- Montero Matos, J. Otaño Noguel, J. y Guerrero Almeida, D. (2015). Procedimiento para efectuar el cierre de canteras de materiales para la construcción en Cuba, publicado en las memorias de la X Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo. 2015. ISBN 978-959-300-073-4.
- Montero-Matos, J. & Otaño-Nogel, J. (2012). Impacto socioeconómico y ambiental de la creación de un procedimiento para efectuar el cierre de canteras de materiales de construcción en Cuba. *Revista caribeña de las Ciencias Sociales*: <http://www.eumed.net/rev/rccs/noviembre/canteras-materiales-construccion-cuba.html>. ISSN: 2254-7630.
- Montero Matos, J. & Otaño Noguel, J. (2012). Impacto socioeconómico y ambiental de la creación de un procedimiento para efectuar el cierre de canteras de materiales de

construcción en Cuba. Publicado en las memorias de la XXXIII Convención Panamericana de Ingeniería. UPADI/2012 ISBN 978-959-247-094-1.

- Montero Matos, J. (2011). Impacto socioeconómico y ambiental de la creación de un procedimiento para efectuar el cierre de canteras de materiales de construcción en Cuba. Publicado en las memorias del V Taller Regional de Medio Ambiente /2011. ISBN 978-959-16-1206-9.

Eventos:

- VII Convención de Ciencias de la Tierra. GEOCIENCIAS 2017 del 3 al 7 de Abril de 2017. Palacio de convenciones de la Habana. Cuba.
- First International Congress on Planning for Closure of Mining Operations – Planning for Closure 2016 del 20 al 22 de November de 2016. Santiago de Chile. Chile
- Convención Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación del 31 de octubre al 4 de Noviembre de 2016. Palacio de convenciones de la Habana. Cuba.
- 1ra Conferencia de ingeniería y arquitectura de la facultad de Ingeniería de la Universidad Agustino Neto del 25 al 27 de Octubre de 2016. Luanda. Angola.
- 3er. Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. MINEMETAL 2016 del 2 al 6 de Octubre de 2016. Centro de convenciones de Varadero. Cuba.
- VIII Conferencia Internacional de Aprovechamiento de Recursos Minerales. Del 17 al 19 de Noviembre de 2015. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa. Moa. Holguín. Cuba.
- Conferencia Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación “Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo de un socialismo próspero y sostenible” del 13-15 de Octubre de 2015. Centro de Convenciones, Cojímar. La Habana. Cuba.
- X Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Del 6 al 10 de julio de 2015. Palacio de convenciones de la Habana. Cuba.

- II Congreso Internacional de Innovación en Gestión 2013-2014 “Educación para el desarrollo sostenible”. Del 4 al 6 de Septiembre 2013. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Colombia.
- XXXIII Convención Panamericana de Ingeniería. UPADI/2012. Del 9 al 13 de Abril de 2012. Palacio de convenciones de la Habana. Cuba.
- V Taller Regional de Medio Ambiente. Junio 2011. Universidad Oscar Lucero Moya de Holguín. Cuba.

ANEXO 2. CUESTIONARIO A EXPERTOS

Nombre y apellidos: _____.

Institución a la que pertenece: _____.

Cargo actual: _____.

Calificación profesional, grado científico o académico:

Profesor: _____.Licenciado: _____.Especialista: _____.Master: _____.Doctor: _____.

Años de experiencia en el cargo: _____.

Años de experiencia docente y/o en la investigación: _____.

Como parte del tema de tesis de doctorado en Minería, se elaboraron propuestas de criterios que intervienen en la elaboración de un procedimiento para el cierre de canteras de materiales para la construcción. Se anexa, a esta encuesta, dicha propuesta la cual deseo, que usted consulte y requiera su opinión con relación a:

- 1) Seleccione los criterios que usted considera más importantes que intervienen en la elaboración de un procedimiento para el cierre de canteras de materiales para la construcción:

Criterios	Selección
Ciclo de vida de la mina (CV)	
Actualización de la base minera (BM)	
Seguridad de la mina y sus instalaciones (SM)	
Gestión ambiental minera (GM)	
Evaluación de riesgo de cierre (ER)	
Estudio técnico económico del cierre de canteras (EE _C)	
Utilización de los espacios minados (UE _M)	
Rehabilitación minera (RM)	
Plan de cierre de las actividades mineras (PC)	
Reubicación de la fuerza de trabajo (R _{FT})	
Determinación de las actividades a realizar en los distintos tipos de cierre (AC)	
Tratamiento legal del proceso de cierre de cantera (TL)	
Monitoreo en el post cierre (M _{PC})	

- 2) Añada otros criterios que usted considere deben tenerse en cuenta para la elaboración de un procedimiento para el cierre de canteras de materiales para la construcción:
- 3) Valore la importancia de los parámetros elegidos teniendo en cuenta una escala de (valor 0 mínimo) hasta 1 (máximo valor)

Criterios	Valor
Ciclo de vida de la mina (CV)	
Actualización de la base minera (BM)	
Seguridad de la mina y sus instalaciones (SM)	
Gestión ambiental minera (GM)	
Evaluación de riesgo de cierre (ER)	
Estudio técnico económico del cierre de canteras (EE _C)	
Utilización de los espacios minados (UE _M)	
Rehabilitación minera (RM)	
Plan de cierre de las actividades mineras (PC)	
Reubicación de la fuerza de trabajo (R _{FT})	
Determinación de las actividades a realizar en los distintos tipos de cierre (AC)	
Tratamiento legal del proceso de cierre de cantera (TL)	
Monitoreo en el post cierre (M _{PC})	

Muchas gracias

**ANEXO 3 ENCUESTA PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE COMPETENCIA
DEL EXPERTO**

Nombre y apellidos: _____

Usted ha sido seleccionado como posible experto para ser consultado respecto al grado de relevancia de variables que han sido utilizadas por varios investigadores en el proceso de cierre de minas. Necesitamos antes de realizarle la consulta correspondiente como parte del método empírico de investigación “consulta a expertos”, determinar su coeficiente de competencia en este tema, a los efectos de reforzar la validez del resultado de la consulta que realizaremos. Por esta razón le rogamos que responda las siguientes preguntas de la forma más objetiva posible.

1.- Marque con una cruz (X), en la tabla siguiente, el valor que se corresponde con el grado de conocimiento que usted posee sobre el tema “Cierre de minas”.

Considere que la escala que le presentamos es ascendente, es decir, el conocimiento sobre el tema referido va creciendo desde 1 hasta 10.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2.- Realice una autovaloración del grado de influencia que cada una de las fuentes que le presentamos a continuación, ha tenido en su conocimiento y criterio sobre el “Cierre de minas”.

Para ello marque con una cruz (X), según corresponda, en A (alto), M (medio) o B (bajo).

Fuentes de argumentación	Grado de influencia de cada una de las fuentes		
	A (alto)	M (medio)	B (bajo)
Análisis teórico realizados por usted			
Su experiencia obtenida			
Trabajo de autores nacionales			
Trabajo de autores extranjeros			
Su propio conocimiento del estado del problema en el extranjero			
Su intuición			

Muchas gracias.

ANEXO 4. CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE COMPETENCIA Y CARACTERÍSTICAS DE LOS EXPERTOS SELECCIONADOS

Cálculo de Coeficiente de Competencia

$K = \frac{1}{2} (K_c + K_a)$, donde:

K_c : coeficiente de conocimiento o información del experto.

K_a : coeficiente de argumentación del experto

Experto (M)	K_c	K_a	K
M-1	0,90	0,89	0,89
M-2	0,90	0,92	0,91
M-3	1,0	1,0	1,0
M-4	1,0	1,0	1,0
M-5	1,0	0,89	0,94
M-6	1,0	1,0	1,0
M-7	1,0	1,0	1,0
M-8	1,0	1,0	1,0
M-9	0,90	0,92	0,91
M-10	0,90	0,6	0,75
M-11	1,0	0,96	0,98
Total	0,96	0,92	0,94

Total de Expertos seleccionados M=11

Coeficiente de competencia promedio $K = 0,94$

Los expertos poseen un alto nivel de competencia alto de acuerdo a los criterios siguientes:

Competencia Alta si $K_{comp} > 0,8$

Competencia Media si $0,5 < K_{comp} \leq 0,8$

Competencia Baja si $K_{comp} \leq 0,5$

ANEXO 4.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICO-PROFESIONAL DE LOS EXPERTOS

Calificación profesional			
Centro de trabajo	Cantidad	Descripción	Labor que realizan
Centro docente nacional	2	ISMM de Moa y Universidad de Matanzas	Docencia-investigación
Centro de investigación	3	CEPRONIQUEL, IGT, IGP	Investigación-producción
Producción y servicio	3	ONRM, Empresa de Canteras, Explomat	Producción
Centro Extranjero	3	Centro de Tecnología Mineral (CETEM), Brasil Universidad Nacional de Colombia, Colombia, Universidad de Huelva, España	Docencia-Investigación
Total	11		
Calificación profesional y académica			
Graduados universitarios	Especialidad de postgrado	Maestría	Doctor en Ciencias
	1	4	6
Años de experiencia			
Rangos	Docencia-investigación	Producción	Investigación-producción
1 – 5 años			
6 – 10 años			
11 – 15 años		1	
16 – 20 años	1		
21 – 25 años	2		2
Más de 26 años	3	1	1
Sub-Total			
Total	11		

ANEXO 5. RESULTADOS DE LA SEGUNDA RONDA

Anexo 5.1 Tabla de frecuencia absoluta

Influencia de los indicadores en el cierre sostenible de canteras						
TABLA DE FRECUENCIA ABSOLUTA						
	MA	BA	A	PA	I	TOTAL
Ciclo de vida de la mina (CV)	8	3	0	0	0	11
Actualización de la base minera (BM)	8	2	1	0	0	11
Seguridad de la mina y sus instalaciones (SM)	8	2	1	0	0	11
Gestión ambiental minera (GM)	9	2	0	0	0	11
Evaluación de riesgo de cierre (ER)	11	0	0	0	0	11
Estudio técnico económico del cierre de canteras (EE _C)	8	3	0	0	0	11
Utilización de los espacios minados (UE _M)	10	1	0	0	0	11
Rehabilitación minera (RM)	10	1	0	0	0	11
Aspectos culturales en el entorno de la cantera (ACult)	7	3	1	0	0	11
Aspectos sociales y económicos en el entorno de la cantera (ASE)	8	2	1	0	0	11
Existencia de valores patrimoniales (VP)	9	0	2	0	0	11
Tratamiento legal del proceso de cierre de cantera (TL)	11	0	0	0	0	11
Monitoreo en el post cierre (M _{PC})	3	0	1	0	7	11
Plan de cierre de las actividades mineras (PC)	2	1	1	1	6	11
Reubicación de la fuerza de trabajo (R _{FT})	1	1	2	2	5	11
Determinación de las actividades a realizar en los distintos tipos de cierre (AC)	1	1	4	1	4	11
Existencia de reservas del material explotado (R _{Mat})	1	2	1	1	6	11

Anexo 5.2 Tabla de frecuencia acumulada

Influencia de los indicadores en el cierre sostenible de canteras					
TABLA DE FRECUENCIA ACUMULADA					
	MA	BA	A	PA	I
Ciclo de vida de la mina (CV)	8	11	11	11	11
Actualización de la base minera (BM)	8	10	11	11	11
Seguridad de la mina y sus instalaciones (SM)	8	10	11	11	11
Gestión ambiental minera (GM)	9	11	11	11	11
Evaluación de riesgo de cierre (ER)	11	11	11	11	11
Estudio técnico económico del cierre de canteras (EE _C)	8	11	11	11	11
Utilización de los espacios minados (UE _M)	10	11	11	11	11
Rehabilitación minera (RM)	10	11	11	11	11
Aspectos culturales en el entorno de la cantera (ACult)	7	10	11	11	11
Aspectos sociales y económicos en el entorno de la cantera (ASE)	8	10	11	11	11
Existencia de valores patrimoniales (VP)	9	9	11	11	11
Tratamiento legal del proceso de cierre de cantera (TL)	11	11	11	11	11
Monitoreo en el post cierre (M _{PC})	3	3	4	4	11
Plan de cierre de las actividades mineras (PC)	2	3	4	5	11
Reubicación de la fuerza de trabajo (R _{FT})	1	2	4	6	11
Determinación de las actividades a realizar en los distintos tipos de cierre (AC)	1	2	6	7	11
Existencia de reservas del material explotado (RMat)	1	3	4	5	11

Anexo 5.3 Tabla de frecuencia relativa acumulada

Influencia de los indicadores en el cierre sostenible de canteras				
TABLA DE FRECUENCIA RELATIVA ACUMULADA				
	MA	BA	A	PA
Ciclo de vida de la mina (CV)	0,7273	1	1	1
Actualización de la base minera (BM)	0,7273	0,9091	1	1
Seguridad de la mina y sus instalaciones (SM)	0,7273	0,9091	1	1
Gestión ambiental minera (GM)	0,8182	1	1	1
Evaluación de riesgo de cierre (ER)	1	1	1	1
Estudio técnico económico del cierre de canteras (EE _C)	0,7273	1	1	1
Utilización de los espacios minados (UE _M)	0,9091	1	1	1
Rehabilitación minera (RM)	0,9091	1	1	1
Aspectos culturales en el entorno de la cantera (ACult)	0,6364	0,9091	1	1
Aspectos sociales y económicos en el entorno de la cantera (ASE)	0,7273	0,9091	1	1
Existencia de valores patrimoniales (VP)	0,8182	0,8182	1	1
Tratamiento legal del proceso de cierre de cantera (TL)	1	1	1	1
Monitoreo en el post cierre (M _{PC})	0,2727	0,2727	0,3636	0,3636
Plan de cierre de las actividades mineras (PC)	0,1818	0,2727	0,3636	0,4545
Reubicación de la fuerza de trabajo (R _{FT})	0,0909	0,1818	0,3636	0,5455
Determinación de las actividades a realizar en los distintos tipos de cierre (AC)	0,0909	0,1818	0,5455	0,6364
Existencia de reservas del material explotado	0,0909	0,2727	0,3636	0,4545

Anexo 5.4 Determinación de los puntos de corte

DETERMINACIÓN DE LOS PUNTOS DE CORTE							
	MA	BA	A	PA	Suma	Pro. Fil	N - Prom.
Ciclo de vida de la mina (CV)	0,6	3,49	3,49	3,49	11,07	2,77	-1,02
Actualización de la base minera (BM)	0,6	1,34	3,49	3,49	8,92	2,23	-0,48
Seguridad de la mina y sus instalaciones (SM)	0,6	1,34	3,49	3,49	8,92	2,23	-0,48
Gestión ambiental minera (GM)	0,91	3,49	3,49	3,49	11,38	2,85	-1,1
Evaluación de riesgo de cierre (ER)	3,49	3,49	3,49	3,49	13,96	3,49	-1,74
Estudio técnico económico del cierre de canteras (EE _C)	0,6	3,49	3,49	3,49	11,07	2,77	-1,02
Utilización de los espacios minados (UE _M)	1,34	3,49	3,49	3,49	11,81	2,95	-1,2
Rehabilitación minera (RM)	1,34	3,49	3,49	3,49	11,81	2,95	-1,2
Aspectos culturales en el entorno de la cantera (ACult)	0,35	1,34	3,49	3,49	8,67	2,17	-0,42
Aspectos sociales y económicos en el entorno de la cantera (ASE)	0,6	1,34	3,49	3,49	8,92	2,23	-0,48
Existencia de valores patrimoniales (VP)	0,91	0,91	3,49	3,49	8,8	2,2	-0,45
Tratamiento legal del proceso de cierre de cantera (TL)	3,49	3,49	3,49	3,49	13,96	3,49	-1,74
Monitoreo en el post cierre (M _{PC})	-0,6	-0,6	-0,35	-0,35	-1,9	-0,48	2,23
Plan de cierre de las actividades mineras (PC)	-0,91	-0,6	-0,35	-0,11	-1,97	-0,49	2,24
Reubicación de la fuerza de trabajo; (R _{FT})	-1,34	-0,91	-0,35	0,11	-2,49	-0,62	2,37
Determinación de las actividades a realizar en los distintos tipos de cierre (AC)	-1,34	-0,91	0,11	0,35	-1,79	-0,45	2,2
Existencia de reservas del material explotado	-1,34	-0,6	-0,35	-0,11	-2,4	-0,6	2,35
Suma	9,3	27,08	40,59	41,77	118,74	29,69	
Punto de corte (Prom. Columna)	0,55	1,59	2,39	2,46	6,98	1,75 = N (Prom. Gener.)	

Anexo 5.5 Tabla de conclusiones generales

CONCLUSIONES GENERALES					
	MA	BA	A	PA	I
Ciclo de vida de la mina (CV)	Si	-	-	-	-
Actualización de la base minera (BM)	Si	-	-	-	-
Seguridad de la mina y sus instalaciones (SM)	Si	-	-	-	-
Gestión ambiental minera (GM)	Si	-	-	-	-
Evaluación de riesgo de cierre (ER)	Si	-	-	-	-
Estudio técnico económico del cierre de canteras (EE _C)	Si	-	-	-	-
Utilización de los espacios minados (UE _M)	Si	-	-	-	-
Rehabilitación minera (RM)	Si	-	-	-	-
Aspectos culturales en el entorno de la cantera (ACult)	Si	-	-	-	-
Aspectos sociales y económicos en el entorno de la cantera (ASE)	Si	-	-	-	-
Existencia de valores patrimoniales (VP)	Si	-	-	-	-
Tratamiento legal del proceso de cierre de cantera (TL)	Si	-	-	-	-
Monitoreo en el post cierre (M _{PC})	-	-	-	-	Si
Plan de cierre de las actividades mineras (PC)	-	-	-	-	Si
Reubicación de la fuerza de trabajo (R _{FT})	-	-	-	-	Si
Determinación de las actividades a realizar en los distintos tipos de cierre (AC)	-	-	-	-	Si
Existencia de reservas del material explotado	-	-	-	-	Si

ANEXO 6. RESULTADOS DE LA TERCERA RONDA

Indicadores que influyen en cierre sostenible de canteras	Ex1	Ex2	Ex3	Ex4	Ex5	Ex6	Ex7	Ex8	Ex9	Ex10	Ex11	S _i	S _{med}	(S _j -S _{med})	(S _j -S _{med}) ²
Ciclo de vida de la mina (CV)	1	2	3	3	1	1	2	4	1	1	1	20	71.5	-51.5	2652.25
Actualización de la base minera(BM)	4	4	5	6	4	5	6	1	3	6	5	49	71.5	-22.5	506.25
Seguridad de la mina y sus instalaciones (SM)	12	11	8	12	9	11	12	11	11	7	12	116	71.5	44.5	1980.25
Gestión ambiental minera (GM)	6	3	2	1	2	3	3	3	2	3	4	32	71.5	39.5	1560.25
Evaluación de riesgo de cierre (ER)	8	7	6	7	7	4	8	5	7	8	6	73	71.5	1.5	2.25
Estudio técnico económico del cierre de canteras (EE _C)	3	5	4	4	5	2	4	6	5	4	3	45	71.5	-26.5	702.25
Utilización de los espacios minados; (UE _M)	9	10	10	9	11	9	10	8	10	9	10	105	71.5	33.5	1122.25
Rehabilitación minera (RM)	7	8	9	8	8	6	7	9	9	11	8	90	71.5	18.5	342.25
Aspectos culturales en el entorno de la cantera (ACult)	11	9	12	11	10	10	11	10	8	12	7	111	71.5	39.5	1560.25
Aspectos sociales y económicos en el entorno de la cantera (ASE)	5	6	7	5	6	7	5	7	6	5	9	68	71.5	-3.5	12.25
Existencia de valores patrimoniales (VP)	10	12	11	10	12	12	9	12	12	10	11	121	71.5	49.5	2450.25
Tratamiento legal del proceso de cierre de cantera (TL)	2	1	1	2	3	8	1	2	4	2	2	28	71.5	-43.5	1892.25
Total															14783

M = 11

P = 12

**ANEXO 7. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN, DESCRIPCIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS
IMPACTOS AMBIENTALES**

COMPONENTES AMBIENTALES	ACTIVIDADES			IMPACTOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS									
	<i>Fase preparatoria</i>	<i>Fase de Operación</i>	<i>Fase de abandono</i>		<i>Naturaleza</i>	<i>Magnitud</i>	<i>Importancia</i>	<i>Certeza</i>	<i>Tipo</i>	<i>Reversibilidad</i>	<i>Duración</i>	<i>Tiempo en aparecer Considerado en el análisis</i>		<i>Ponderación</i>
	1	2	3											
A. ATMÓSFERA	x	x		1. Incremento del nivel de ruidos durante los trabajos de voladuras.	(-)	1	1	C	Ac	1	1	C	s	3
			x	2. Disminución de los niveles de ruido una vez concluidos los trabajos.	(+)	2	3	C	Pr	1	4	M	s	1 1
	x	x		3. Aumento de los niveles de emisión de polvo en suspensión y sedimentables a la atmósfera.	(-)	2	2	C	Ac	1	1	C	s	6
			x	4. Disminución de los niveles de emisión de polvo en suspensión y sedimentables a la atmósfera.	(+)	2	3	C	Ac	1	4	M	s	1 1
		x		5. Dispersión de fragmentos de rocas durante la voladura, que alcanzan distancias considerables.	(-)	2	2	C	Pr	1	1	c	s	6
			x	6. Disminución de la dispersión de fragmentos producidos por las voladuras.	(+)	3	3	C	Pr	1	4	M	s	1 4
B. SUELOS	x	x		7. Cambio de uso de suelo.	(-)	2	2	C	Pr	1	1	C	s	6
			x	8. Retorno a las condiciones anteriores de uso de suelo.	(+)	3	3	C	Pr	1	4	M	s	1 4
		x		9. Aumento de la erosión de suelos.	(-)	1	1	D	Ac	1	1	M	s	3
			x	10. Disminución de la erosión por rehabilitación en el área.	(+)	1	2	C	Pr	1	4	M	s	7
C. AGUAS	x	x		11. Aumento de la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.	(-)	1	1	D	Ac	1	4	L	s	6
			x	12. Disminución de la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.	(+)	3	3	C	Pr	1	4	L	s	1 4
D. VEGETACIÓN Y FLORA	x	x		13. Destrucción de la vegetación y la flora natural del área.	(-)	2	2	C	Pr	1	1	C	s	6
			x	14. Restablecimiento parcial de la vegetación y la flora durante la rehabilitación.	(+)	3	3	C	Pr	1	4	M	s	1 4

<i>COMPONENTES AMBIENTALES</i>	<i>ACTIVIDADES</i>			<i>IMPACTOS</i>	<i>CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE IMPACTOS</i>									
	<i>Fase preparatoria</i>	<i>Fase de Operación</i>	<i>Fase de abandono</i>		<i>Naturaleza</i>	<i>Magnitud</i>	<i>Importancia</i>	<i>Certeza</i>	<i>Tipo</i>	<i>Reversibilidad</i>	<i>Duración</i>	<i>Tiempo en aparecer</i>	<i>Considerado en el</i>	<i>Ponderación</i>
	1	2	3											
E. PAISAJE	x	x		15. Alteración del paisaje debido a los trabajos de explotación minera.	(-)	2	3	C	Pr	1	1	C	s	8
			x	16. Recuperación del paisaje debido a los trabajos de explotación minera.	(+)	3	3	C	Pr	1	4	M	s	14
F.SOCIOECONÓMICO	x	x		17. Mejoramiento de los viales	(+)	2	2	C	Pr	1	4	C	s	9
	x	x	x	18. Genera fuente de empleo	(+)	2	1	C	Pr	2	4	C	s	8

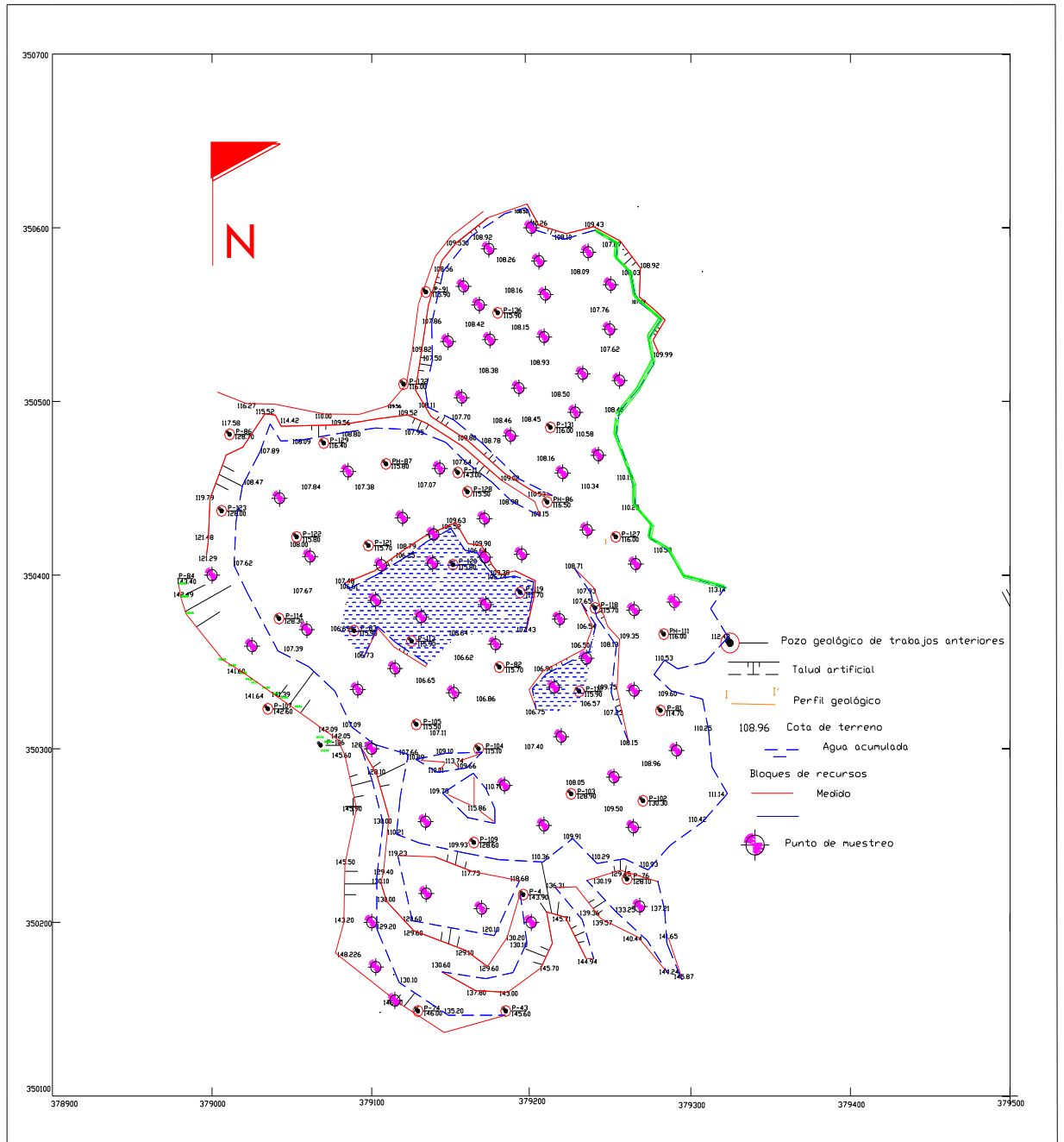
**ANEXO 8. LISTA DE VERIFICACIÓN PARA LA CARSIFICACIÓN Y CÁLCULO DEL
FACTOR DE RIESGO (C_{RF}) DEL CIERRE EN EL YACIMIENTO SAN JOSÉ**

Riesgos del cierre en el yacimiento San José	Lista de verificación para la clasificación de los riesgos
<p align="center">Riesgos ambientales (R_{MA}):</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Agua: <ul style="list-style-type: none"> Aguas superficiales <ul style="list-style-type: none"> Sedimentación Drenaje Salinidad Agua subterránea <ul style="list-style-type: none"> Contaminación Disposición Los valores ambientales o de uso (aguas abajo) <ul style="list-style-type: none"> Agricultura Bebida Ecosistema Monitoreo • Aire <ul style="list-style-type: none"> Gas <ul style="list-style-type: none"> Invernadero CO2 Polvo <ul style="list-style-type: none"> Escombreras La existencia de zonas rehabilitadas • Sistemas de Tierras <ul style="list-style-type: none"> Cerca del centro de la población o carreteras principales Remoto o Infraestructura Edificios, equipos, campamentos Caminos Arsenales, vertederos, presas, sumideros Suelos <ul style="list-style-type: none"> ¿Contaminado? Potencial de erosión Movimientos de tierra para restablecimiento de la flora <ul style="list-style-type: none"> Sencillo Complejo Raras / significativa Restablecimiento Fauna <ul style="list-style-type: none"> Terrestre Aviar Acuático Huecos <ul style="list-style-type: none"> Abierto Relleno Gestión / supervisión <ul style="list-style-type: none"> • Residuos Reorganización de cubiertas Topografía Sismicidad Clima Estabilidad de taludes Otros <ul style="list-style-type: none"> Saneamiento Neumáticos, maquinaria.

Riesgos del cierre en el yacimiento San José	Lista de verificación para la clasificación de los riesgos
	Basura Patrimonio Minero Geológico
Riesgos de seguridad y salud (R _{SH})	Aberturas Espacios abandonados sin rehabilitar Huecos abandonados Relleno Terraplenes Trincheras abiertas Hundimiento La extracción de minerales Colapso de talud Espeleología Infraestructura Edificios, equipos Seguridad Mayor seguridad Hurto El acceso no autorizado Preparación de la respuesta ante emergencias Eliminación de fuente de contaminación
Riesgo social para la comunidad (R _{SC})	<ul style="list-style-type: none"> • Empleados <ul style="list-style-type: none"> Provisión para prestaciones Reentrenamiento, reubicación Reclamos de compensación de trabajadores • Administración <ul style="list-style-type: none"> Mejora de la comunicación Seguridad (aumento en las lesiones como los enfoques de cierre) Mantener personal particularmente clave Los Contratistas <ul style="list-style-type: none"> Se puede utilizar para suavizar el golpe de empleados a reubicar • Posibilidad de aumento brusco de los costos • Residentes Afectados • Gobierno local • Impacto general de la comunidad <ul style="list-style-type: none"> Local <ul style="list-style-type: none"> • salida del sector minero de la ciudad <ul style="list-style-type: none"> • Aislamiento • tradición minera en la zona • desempleo local de alta • Impacto valor de la propiedad residencial • Impacto en los valores de la familia • Disminución de la diversificación • Problemas de salud - el alcohol. o Regional o Nacional
Riesgo del uso final de la tierra (R _{LU})	Alto valor (\$ / ha o valores de conservación) tierras agrícolas industrial / comercial / residencial Parque Nacional / Patrimonio <ul style="list-style-type: none"> • Valor Medio <ul style="list-style-type: none"> Volver a los ecosistemas preexistentes Bosque Pastoreo

Riesgos del cierre en el yacimiento San José	Lista de verificación para la clasificación de los riesgos
	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo valor <ul style="list-style-type: none"> Zona ampliamente alterado Zona áridas
Riesgos legales y financieros (R _{LF})	<ul style="list-style-type: none"> • Gobierno <ul style="list-style-type: none"> Cumplimiento de normativas Título <ul style="list-style-type: none"> Conservar Traspaso Renunciar Seguridad / fianza <ul style="list-style-type: none"> Gran Pequeña Documentación • Los acreedores <ul style="list-style-type: none"> Los empleados Los Contratistas Empresas Gobierno <ul style="list-style-type: none"> Impuestos Regalías(% destinado de otras empresas al desarrollo local) • Provisión para la rehabilitación <ul style="list-style-type: none"> Se creó el fondo financiero No se creó el fondo financiero • Salvar • El potencial de la publicidad adversa y el impacto en las construcciones
Riesgos técnicos (R _T)	<ul style="list-style-type: none"> • Plan de Cierre <ul style="list-style-type: none"> Plan existe y al día Plan no está actualizado • Rehabilitación progreso contra el plan • El equipo de Cierre <ul style="list-style-type: none"> Gestión del medio ambiente Planificación o eléctrica / mecánica / financiera • Recursos / reservas <ul style="list-style-type: none"> Agotado No agotado <ul style="list-style-type: none"> Accesible para la extracción futura Potencial para nuevas reservas Esterilizado

ANEXO 9. PLANO TOPOGRÁFICO CON LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA CANTERA “SAN JOSÉ”



ANEXO 10. PLANO TOPOGRÁFICO CON LOS PUNTOS DE MUESTREO EN LA ZONA CON ACUMULACIÓN DE AGUA DE LA CANTERA “SAN JOSÉ”

