



MODELO DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA LA MINERÍA A CIELO ABIERTO DE CUBA

Jacobo Urbino Rodríguez¹ y Bertha Díaz Mertínez²

1. Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales y Tecnológicos de Holguín, calle 18, S/N, esquina Maceo, Nuevo Llano, Holguín, Cuba, jacobo@cisat.cu
2. Centro de Ingeniería y Proyectos del Níquel, Km 1/2 carretera Moa – Sagua, Holguín, Cuba. bdiaz@ceproni.minem.cu

RESUMEN

Se presenta una propuesta de Modelo de Gestión Ambiental para la minería a cielo abierto en yacimientos mineros cubanos. El objetivo principal del actual trabajo es mostrar los pasos que debe realizar una organización minera cubana para lograr un desempeño ambiental de excelencia en función de la rehabilitación ambiental de áreas devastadas a cielo abierto. Para la obtención de este modelo se partió de cuatro premisas fundamentales; de la experiencia internacional aplicada por compañías mineras líderes en materia medioambiental, como las compañías de Australia, Inglaterra y Estados Unidos; de la experiencia de entidades cubanas de Educación Superior especializadas en minería, como el Instituto Minero Metalúrgico de Moa; de empresas de ingeniería y elaboración de proyectos mineros, como el CEPRONIQUEL de Moa; así como de la experiencia del autor principal que labora en el Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales y Tecnológicos de Holguín. El modelo se basa en un análisis holístico de todos los factores que intervienen en las operaciones mineras y ordena y describe en detalle todos los pasos que se deben dar en la Gestión Ambiental en las empresas mineras cubanas. Se expresan en el trabajo consideraciones de la gestión ambiental actual y se proponen nuevos términos y procedimientos para las diferentes actividades mineras. El modelo integra en un todo la propia tecnología y el actuar del hombre, tomando en cuenta lo expresado por Raúl Castro (1989), "la tecnología vale, lo que vale el hombre que la aplica".

ABSTRACT

A proposed Environmental Management Model for open pit mining in Cuban mining sites is presented. The main objective of the present work is to show the steps you must perform a Cuban mining organization to achieve excellent environmental performance in terms of environmental rehabilitation of devastated areas open. To obtain this model it was on four basic premises; international experience applied by leaders in environmental matters mining companies, as companies Australia, England and America; Cuban experience in higher education institutions specialized in mining, as the Metallurgical Mining Institute of Moa; of engineering and development of mining projects, as CEPRONIQUEL Moa; as well as the experience of the senior author who works at the Center for Research and Environmental Services and Technology Holguin. The model is based on a holistic analysis of all the factors involved in mining operations and commands and describes in detail all the steps that must be taken in Environmental Management in Cuban mining companies. Are expressed at work considerations of the current environmental management and new terms and procedures for different mining activities are proposed. The model integrates into a whole the technology itself and the act of man, taking into account the views expressed by Raul Castro (1989), "technology goes, what is man that apply."

INTRODUCCIÓN

La Gestión Ambiental debe ser de conocimiento profundo y responsable de todo el personal ejecutivo de las empresas mineras. Los trabajadores y contratistas deben conocer con precisión las Normativas Ambientales para las diferentes operaciones y control minero, aunque deben tener también un indispensable conocimiento sobre la Gestión y Legislación Ambiental relacionadas con las operaciones mineras. El personal que se ocupa de evaluar el desempeño real de la Rehabilitación



Ambiental Minera debe estar dotado de instrumentos ambientales que le permitan medir la calidad de los ecosistemas obtenidos, para lo cual el capítulo actual le brinda esta oportunidad.

METODOLOGÍA

Se parte de una revisión bibliográfica para la descripción de los términos y conceptos conocidos empleados en el actual trabajo, lo cual es fertilizado con la experiencia de los autores de más de 20 años en la temática. Con estos aspectos se confecciona y se describe la propuesta del actual modelo de gestión Ambiental para la minería a cielo abierto en Cuba.

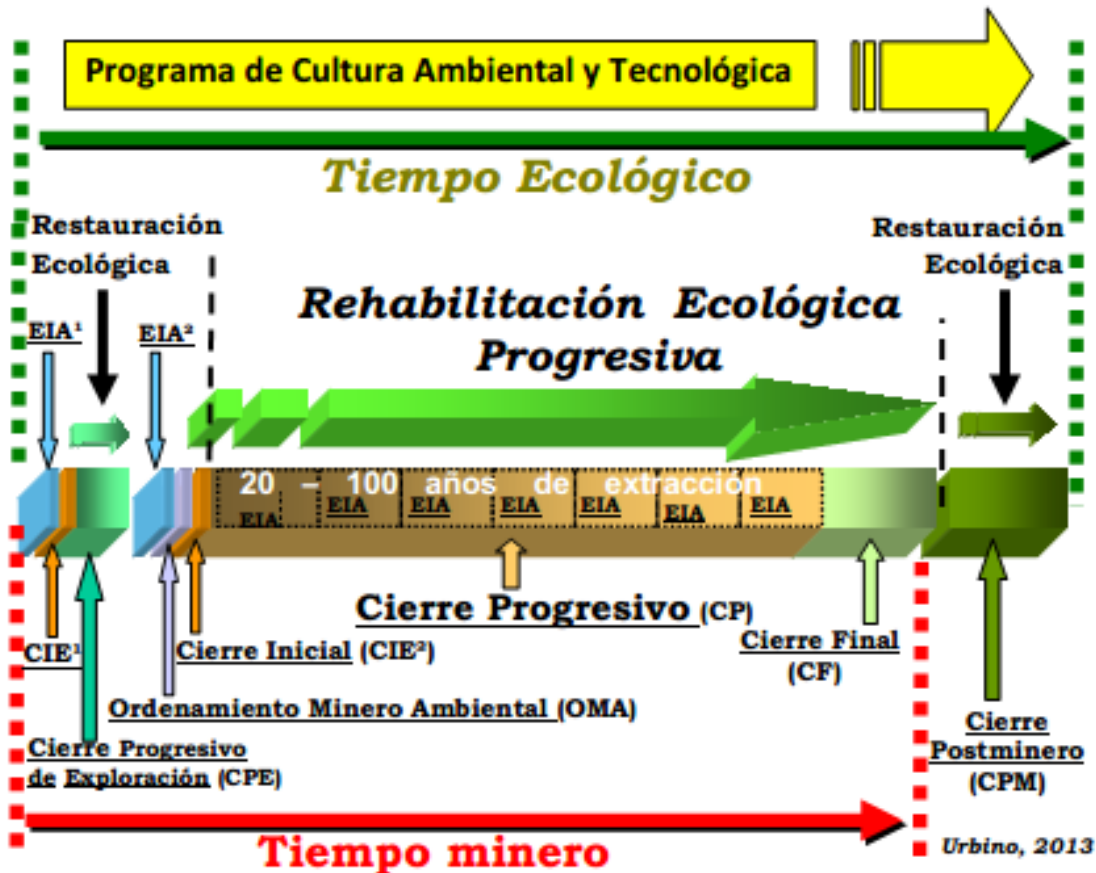
RESULTADOS

Principios generales de la Gestión Ambiental Minera para en yacimientos a cielo abierto

Hay seis principios que se consideran fundamentales y determinantes en el éxito de la gestión Ambiental Minera:

1. Desde su inicio la Gestión Ambiental Minera tiene que ser abordada de forma holística y esta comienza con el Diseño de la Exploración Geológica del yacimiento y finaliza con el Cierre Postminero.
2. Es imprescindible, ante de comenzar cualquier actividad minera garantizar la restauración del Comportamiento Ambiental, favorable y perdurable, de quienes realizan las actividades mineras.
3. La Gestión Ambiental Minera debe estar dirigida a la identificación y posibles soluciones de todos los problemas que presentará el manejo del yacimiento desde el punto de vista ambiental, considerando los tres elementos fundamentales del medioambiente; los Fisicogeográficos, los Biogeográficos y los Socioambientales.
4. Es muy importante que durante toda la etapa de Exploración - Explotación se conserve al máximo las interacciones biológicas de los ecosistemas que serán devastados o afectados, pues de la reutilización de las mismas en la etapa de Restauración y Rehabilitación Ecológica, dependerá el éxito del restablecimiento eficaz y eficiente del ecosistema deseado.
5. Minimizar los impactos negativos sobre los compartimentos de los ecosistemas que serán objeto de afectación o devastación minera es de suma importancia para la obtención de un Desempeño Ambiental positivo de la organización empresarial.
6. La elaboración y aplicación efectiva del Ordenamiento Minero - Ambiental es también un factor decisivo en la Planificación Ambiental y Extractiva de un yacimiento minero, así como para la Gestión Ambiental Minera

Figura 1. Propuesta de Modelo de Gestión Ambiental Minera



Pasos a seguir para garantizar una Gestión Ambiental Efectiva

Elaboración y aplicación de programas de Cultura Ambiental y Tecnológica

- A. Estudio de Impacto Ambiental de Exploración Geológica (EIA¹),
- B. Diseño del Proyecto de Restauración Ecológica (RSE) del Cierre Inicial de la Exploración Geológica (CIE¹).
- C. Ejecución de la Exploración Geológica.
- D. Ejecución del Proyecto de Restauración Ecológica del Cierre de Exploración Geológica (CPE).
- E. Estudio de Impacto Ambiental de la Explotación del Mineral (EIA²).
- F. Ordenamiento Minero Ambiental (OMA).
- G. Diseño del Proyecto de Rehabilitación Ecológica (RHE) en el Cierre Inicial de Explotación Minera (CIE²).
- H. Ejecución de la Explotación del Mineral.
- I. Diseño y ejecución de los Proyectos de Rehabilitación Ecológica en los Cierres Progresivos de



Mina (CP).

J. Continuación de la ejecución del Proyecto de Rehabilitación Ecológica en el Cierre Final de Mina (CF).

K. Cierre Postminero (CPM) y finalización de la ejecución del proyecto de Restauración Ecológica.

Descripción de las actividades de Gestión Ambiental Minera

A. Elaboración y aplicación de Programas de Cultura Ambiental y Tecnológica.

¿Qué es un Programa de Cultura Ambiental y Tecnológica?

Es el instrumento operativo que nos dice cómo lograr un cambio de actitud favorable y perdurable en breve, a mediano y a largo plazo hacia el medio ambiente de ejecutivos, empleados y contratistas de una empresa determinada, lo cual se manifiesta tangiblemente por un Comportamiento Ambiental favorable y perdurable en el tiempo.

Objetivo de un PCAT

El principal objetivo de un PCAT es garantizar un Comportamiento Ambiental y Tecnológico de excelencia de todo el personal que de forma directa o indirecta participa en las operaciones de una organización empresarial.

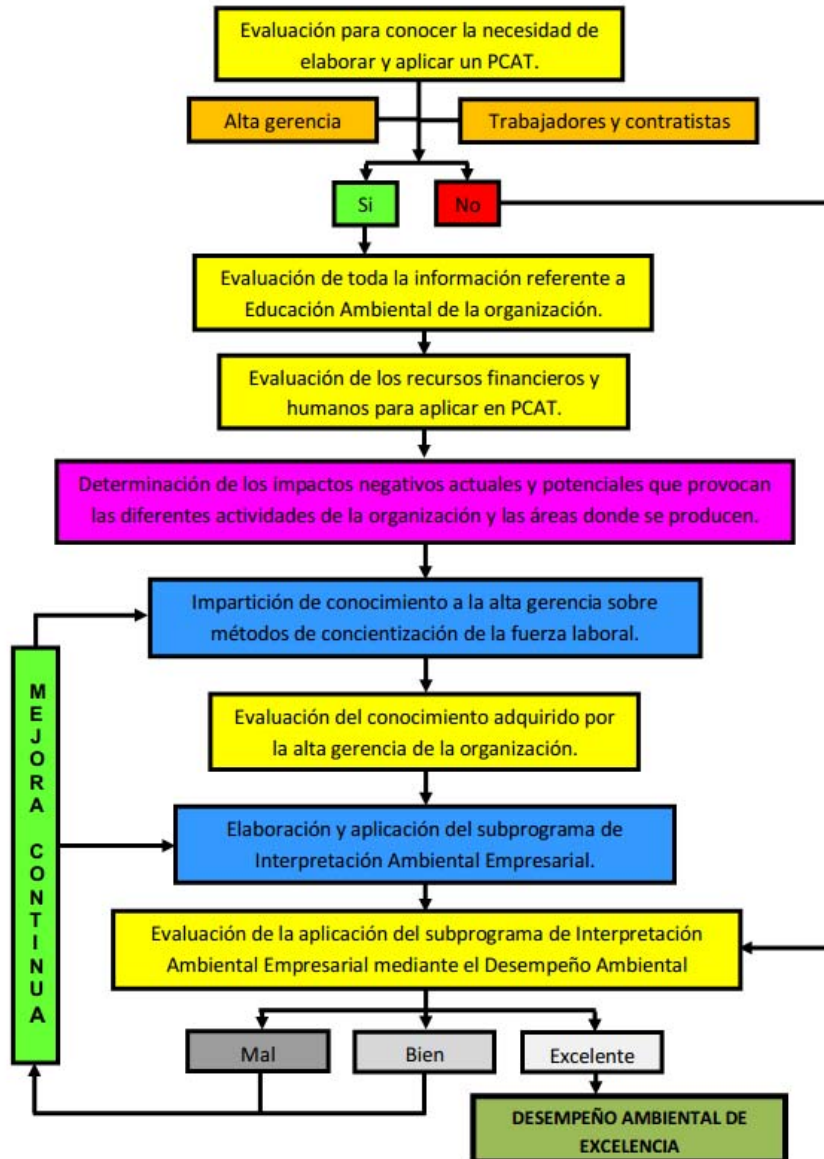
Direcciones estratégicas de un Programa de Cultura Ambiental y Tecnológica

Un PCAT consta de tres direcciones fundamentales: la primera dirigida a **¿qué se debe saber?**, o sea al **conocimiento** sobre un recurso o fenómeno ambiental determinado, una segunda en lo esencial a la **conducta** inmediata, o sea, al **¿cómo?** realizar las operaciones, lo cual es de obligatorio cumplimiento generalmente; y una tercera, a la **conciencia**, o sea, al **¿porqué es necesario?** realizar dichas operaciones, lo cual va dirigido al cambio perdurable a mediano y largo plazo.

Todas las direcciones funcionan como un todo, de tal forma que producen un mayor efecto sinérgico sobre el comportamiento ambiental y tecnológico del personal, lo cual es la garantía del mejor uso de los recursos y tecnologías de una empresa y conduce al **Comportamiento Ambiental favorable y perdurable** y a la vez **garantiza** un desempeño ambiental efectivo.



Figura 2. Etapas de un PCAT.



B. Estudio de Impacto Ambiental de Exploración (EIA¹)



Una vez realizado el diseño del Proyecto de Ingeniería de detalle de la Exploración Geológica, se podrá efectuar el EIA¹. De forma previa al EIA¹, el diseño de la Exploración Geológica del yacimiento debe contemplar el diagnóstico del potencial físico y biológico de la capa vegetal y de la estera radical en caso de existir la misma, pues permite conocer el potencial y planificar la protección y reutilización de dicho recurso durante todas las actividades mineras.

Por los impactos negativos de poca intensidad en cuanto a extensión que debe ocasionar la Exploración Geológica, se considera necesario plantearse la elaboración de un Proyecto de Restauración Ecológica, el cual sea capaz de mitigar a corto plazo los impactos negativos sobre el ecosistema (ver término de Restauración Ecológica). Para esta actividad recomendamos emplear el Manual de Restauración Ecológica elaborado por Matos et al. (2005).

El EIA se realizará según la RESOLUCION No. 77/99 ("Reglamento del proceso de evaluación de impacto ambiental) y la "Guía para la realización de las solicitudes de Licencia Ambiental y los Estudios de Impacto Ambiental", confeccionada por el CICA (2008).

Durante el EIA¹ se efectuará la Línea Base de los Recursos Fisicogeográficos, Biogeográficos y Socioeconómicos.

Como parte del EIA¹ se debe realizar con detalle el proyecto de Cierre de Inicial de Mina para la Exploración Geológica, además debe quedar también en detalle el Programa de Monitoreo de dicha actividad.

C. Diseño del Proyecto de Restauración Ecológica (RSE) en el Cierre Inicial de Exploración Geológica

Esta etapa coincidirá con el diseño del Cierre Inicial de Exploración, donde se plasmarán las ideas y actividades básicas para la ejecución del Proyecto de RSE. Aquí se definirán que especies y métodos que se emplearan en la mitigación de los impactos, así como se referirán las normativas ambientales y procedimientos que garantizarán la restauración ecológica y la mínima afectación a los ecosistemas.

D. Ejecución de la Exploración Geológica

Desde el punto de vista ambiental lo más significativo en esta etapa es que se tomarán durante las perforaciones muestras de suelo para poder determinar el potencial del horizonte "A" del suelo y del escombro estéril. En esta etapa se seguirán las Normativas Ambientales para la Exploración Geológica elaboradas por Urbino et al (2007).

E. Ejecución de la Restauración Ecológica en el Cierre de Exploración

Esta etapa coincide con la ejecución de las actividades propias del Cierre Progresivo de Exploración, y en la misma se llevará a cabo la ejecución del Proyecto de Restauración. Es la etapa donde se hacen los procedimientos a escala de Ingeniería de Detalle y se va realizando progresivamente la RSE de los sitios afectados por la Exploración Geológica.

Es de suma importancia que los ejecutivos o gerentes de la actividad de Exploración garanticen la supervisión y control permanente de la actividad, en especial de la ambiental, con la aplicación estricta de los Procedimientos y Normativas Ambientales para la actividad.

F. Estudio de Impacto Ambiental de la Explotación Minera (EIA ²)



El EIA se efectuará si la Exploración Geológica certificó que el yacimiento en cuestión es explotable económicamente.

Estos estudios se realizarán en tres etapas reales, 1) la Línea Base Ambiental, 2) la Evaluación propiamente dicha de los impactos del Proyecto y 3) la confección del Programa de Monitoreo Ambiental.

(1) En la etapa de Línea Base Ambiental del EIA ², se garantizará la caracterización de los recursos Fisicogeográficos, Biogeográficos y Socioeconómicos de forma precisa, poniendo énfasis en la caracterización de los ecosistemas (vegetación, flora y fauna), pues estos estudios servirán de referencia para medir el Desempeño Ambiental de todo el proceso de Rehabilitación Ecológica (RE) de las áreas devastadas. Otro aspecto importante es la caracterización de los recursos hídricos, que junto con los monitoreos de esta especialidad, permitirán también medir la efectividad futura del proceso de RE, pues se supone que en la medida que se restablezca el ecosistema, se produzca una disminución gradual de la contaminación de las aguas, sobre todo de las superficiales. Otro aspecto importante que se realizará con profundidad durante la Línea Base es la caracterización del Clima, sobre todo en lo referente a la precipitación, pues esta determina o influye decisivamente en los impactos ambientales negativos sobre el suelo, así como en el manejo del mineral a extraer en la mina.

(2) La etapa de evaluación de impacto como tal, pondrá énfasis en la identificación de los principales impactos negativos, así como en el Programa de mitigación de los mismos.

(3) La última etapa, o sea, la Confección del Programa de Monitoreos Ambientales de los principales impactos negativos se realizará de forma detallada e incluirá el monitoreo sobre la vegetación y la flora, sobre la fauna, sobre los procesos erosivos, sobre el comportamiento de la hidrología y el restablecimiento de los suelos desde el punto de vista físico, químico y biológico.

Como parte del EIA ², se elaborará el Proyecto de Cierre Inicial de la actividad de Extracción Minera.

G. Ordenamiento Minero Ambiental (OMA)

A partir de los datos obtenidos sobre los yacimientos en la etapa de Exploración Geológica, así como de los datos de las propiedades metalúrgicas del yacimiento o cuerpos mineros y del EIA², se realiza el OMA.

El OMA tiene la finalidad de planificar de forma interrelacionada tanto la actividad minera como la actividad ambiental de un yacimiento o cuerpo minero, de tal forma que se reduzcan a la mínima expresión los impactos negativos al medio ambiente, así como que la actividad minera sea lo más eficiente posible. El OMA constituye una estrategia ambiental del Sistema de Gestión Minero.

El OMA consta de cuatro etapas fundamentales:

- 1) Planificación del Medio Físico.
- 2) Evaluación del Riesgo Geológico y Ambiental.
- 3) Proceso de Explotación del yacimiento.
- 4) Procesos de Rehabilitación Ecológica de los terrenos devastados.

Sus objetivos específicos son:

- a) Elaborar mapa de Ordenación Minero Ambiental que sirva de base para la integración de la



actividad minera con la actividad ambiental, de tal forma que se pueda emplear en los planes de Ordenamiento Territorial.

- b) Establecer modelos de explotación racional y seguros para la menor afectación al medio ambiente.
- c) Determinar criterios para la Reconstrucción de los terrenos y la Restauración y Rehabilitación Ecológica.



Una vez logrados los objetivos anteriores y ejecutados todos los pasos pertinentes (1– 4), se aplica entonces los Criterios de Zonificación (Fig. 2) a partir de los cuales se obtiene el Mapa de Ordenación Minero – Ambiental y los procedimientos para la gestión minero - ambiental del yacimiento o cuerpo minero.

H. Diseño del Proyecto de Rehabilitación Ecológica Inicial en el Cierre Inicial de Mina

En el Cierre Inicial de Explotación del mineral se efectuará el Proyecto de Rehabilitación Ecológica Inicial (RHEI), el cual tendrá un alcance general.

Tomando como base los datos referentes al suelo obtenido durante la Exploración Geológica, así como los resultados del OMA, se elaborará el proyecto de RHEI.

Es importante señalar que el Proyecto de Rehabilitación Ecológica Inicial es un proyecto de Ingeniería Básica el cual servirá como base para la elaboración de los Proyectos Ejecutivos de Rehabilitación Ecológica correspondientes a los Cierres Progresivos.

En esta etapa será necesario definir o realizar:

1. Definición del Uso de la Tierra posterior a al minería,
2. Ubicación y caracterización de los ecosistemas de referencia que servirán para medir, por comparación, el Desempeño Ambiental del proceso de RHE.
3. Confección de los mapas de Relieve de Fondo para la Rehabilitación Física del terreno a partir de los datos de la Exploración Geológica.



4. Determinación de los Indicadores Ambientales que permitirán medir el Desempeño Ambiental del proceso de Rehabilitación Ecológica durante todo el Proyecto Minero.
5. Determinación del potencial hidráulico y la estructura de la red hidráulica posterior a la Rehabilitación Física del terreno.
6. Determinación del volumen potencial de la Capa Vegetal y Estera Radical del suelo (si existiera) para la planificación de su reutilización en el proceso de RHE, así como la determinación del volumen potencial del escombros estéril. En ambos casos se realizará a partir de los datos obtenidos durante la Exploración Geológica.
7. Se pronosticarán los ecosistemas resultantes del proceso de RHE.
8. Determinación de las especies y métodos que se emplearán en la RHE.
9. Se reafirmarán las áreas que se dejarán para la “Conservación”, incluyendo las “Islas de Biodiversidad” y franjas protectoras a ambos lados de los cursos de agua.
10. Se referirán las leyes y normativas ambientales que regirán la Explotación Minera.
11. Se realizará el diseño del Programa de Comportamiento Ambiental y Tecnológico (PCAT) de ejecutivos, trabajadores y contratistas como garantía del futuro desempeño ambiental.

I. Diseño de los Proyectos de Rehabilitación Ecológica Progresiva (RHEP) en los Cierres Progresivos de Mina

Tomando como base el Proyecto de Rehabilitación Ecológica Inicial, confeccionado en la etapa anterior, se elaborarán los diferentes Proyectos de Rehabilitación Ambiental Progresiva a escala de Ingeniería Ejecutiva para cada Cuerpo o Frente Minero.

Para esta actividad se realizarán las siguientes actividades generales:

1. Implementación del Programa de Comportamiento Ambiental y Tecnológico (PCAT) para ejecutivos, trabajadores y contratistas como garantía del futuro desempeño ambiental.
2. Elaboración e Implementación de los diferentes Proyectos de RHEP.
3. Elaboración e Implementación de los Programas de Control y Verificación del Desempeño Ambiental para la RHEP

J. Ejecución de la Explotación del Mineral

Conjuntamente con la extracción del mineral, comenzará a ponerse en práctica los diferentes proyectos de RHEP. Estas actividades se pueden considerar como las más importantes en todo el ciclo de la mina desde el punto de vista medio ambiental. En esta etapa se seguirán las Normativas Ambientales para la Explotación Minera presentadas en el actual Capítulo.

Durante todo el proceso de Cierre Progresivo se implementará un Plan de Monitoreo Ambiental, el cual garantizará el conocimiento de la marcha de la rehabilitación ecológica de los diferentes frentes mineros.



Es importante señalar que en esta etapa se irán entregando a los dueños finales de la tierra las áreas rehabilitadas en la medida que estas alcancen la calidad y estabilidad ecológica requerida, considerando que dicho proceso de rehabilitación sea a lo sumo de 15 años para las condiciones de Cuba.

K. Ejecución del Proyecto de Rehabilitación Ecológica Final (REF) en el Cierre Final de Mina

La REF será el colofón de los REP y coincidirá con el Proyecto de Cierre Final de Mina. En la práctica es la ejecución del Proyecto de Rehabilitación Ecológica de la última zona devastada por la actividad minera. Al término de esta etapa debe cesar la responsabilidad minera sobre las áreas o yacimientos agotados, para lo cual se debe asegurar que todas las áreas rehabilitadas con anterioridad, así como la última tengan la calidad requerida en cuanto a diversidad de especies de la flora y la fauna, estructura de la vegetación y cobertura de la vegetación como mínimo, así como se verificará si los indicadores ambientales de suelo y calidad del agua están acorde con lo planificado. Hasta aquí llega el “Tiempo Minero”.

L. Ejecución y monitoreo de los proyectos de Rehabilitación Ecológica en el Cierre Postminero

Conjunto de actividades que se elaboran e implementan a mediano y largo plazo una vez finalizada la ejecución del Proyecto Final de Rehabilitación Ecológica, lo cual permite garantizar que se cumplan los objetivos ambientales de Uso de la Tierra y Socio-económicos.

Por los propios métodos o técnicas que se aplicarán en esta etapa, más que una Rehabilitación Ecológica, corresponde metodológicamente a una etapa de Restauración Ecológica. Se harán además actividades que comprenden el cuidado, mantenimiento y monitoreo a largo plazo, pero no como responsabilidad de las empresas mineras, sino como responsabilidad del propietario final de la tierra.