

Propuesta de un procedimiento para la rehabilitación minera en explotaciones a cielo abierto

Proposal of a procedure for the mining rehabilitation in open-cast operations

Yordanis Torres-Batista¹, Roberto Guillermo Rodríguez-Córdova², Clara Luz Reynaldo-Argüelles¹

¹Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa

²Universidad de Holguín

Resumen

La rehabilitación es el proceso de restablecimiento de un ecosistema cuando este ha sido destruido o devastado por disturbios extremos. El propósito de este trabajo fue proponer un procedimiento para incorporar las dimensiones económica y social a la rehabilitación minera; estructurado en ocho etapas, el procedimiento establece una nueva concepción teórico-metodológica de la rehabilitación de áreas degradadas por la minería, cuya aplicación coadyuvará a la sostenibilidad del ecosistema afectado y puede extenderse a otros yacimientos cuya explotación se realice a cielo abierto.

Palabras clave: rehabilitación minera; ecosistemas degradados; explotación a cielo abierto.

Abstract

Rehabilitation is the process of restoring an ecosystem when it has been destroyed or devastated by extreme disturbances. The purpose of this work is to propose a procedure to incorporate the economic and social spheres to the mining rehabilitation; structured in eight stages, the procedure establishes a new theoretical-methodological conception of the rehabilitation areas degraded by mining, which will contribute to the sustainability of the affected ecosystem and can be extended to other deposits whose exploitation is carried out in the open.

Keywords: mining rehabilitation; degraded ecosystems; open-pit.

1. INTRODUCCIÓN

La rehabilitación es el proceso de restablecimiento de un ecosistema cuando ha sido destruido o devastado por disturbios extremos, donde se restablece el relieve, la hidrología y el suelo, y se desarrolla de forma espontánea o asistida por el hombre la diversidad de especies de la flora y la fauna y se recuperan los procesos ecológicos vitales, de tal forma que el ecosistema resultante sea capaz de autosostenerse (Rodríguez Urbino, Díaz Martínez & Sigarreta Vilches 2016).

El Estado cubano ha trazado diferentes políticas de desarrollo, que han tenido como prioridad la protección del medio ambiente, reflejada en la Carta Magna, leyes, estrategias, lineamientos y en el plan de desarrollo económico y social del país.

En correspondencia con la normativa jurídica cubana, las empresas mineras tienen dentro de sus prioridades la protección del medio ambiente. En este sentido y para la elaboración y aprobación del plan de rehabilitación se rigen por el Manual de Procedimiento Minero de la Oficina Nacional de Recursos Minerales, el cual establece el contenido de un proyecto minero ya sea a cielo abierto o subterráneo.

A los mecanismos implementados para equilibrar la degradación en las áreas minadas se les suele denominar rehabilitación minera, y en varios países como España, Perú, Australia y Colombia son descritos como importantes instrumentos en las políticas públicas (Correa Restrepo & Londoño 2011). También Cuba tiene dentro de sus políticas la rehabilitación minera, establecida por la Ley 76 de Minas donde se regula la obligatoriedad que contraen las empresas con la protección del medio ambiente.

Varias son las investigaciones realizadas en los últimos años 10 años con relación a esta temática en diferentes yacimientos. Entre estas destacan las siguientes:

- Reforestación para la rehabilitación de terrenos degradados por la industria minera a cielo abierto en la región Nicaro-Mayarí, Holguín, Cuba (Herrero Echevarría, Bruzón Sánchez, Batista Martínez & Herrera Oliver 2009);
- Principales problemas que confronta el proceso de rehabilitación de áreas impactadas por la minería del níquel en Cuba (García et al. 2011);

- Algunas consideraciones de rehabilitación minera en la minería del níquel: municipio de Moa, Cuba (Chaviano Beitra, Cervantes Guerra & Pierra Conde 2011);
- Consideraciones metodológicas para la recuperación de tierras áridas degradadas (López de Menesses 2011);
- Procedimiento para la rehabilitación minero-ambiental de yacimientos piríticos polimetálicos cubanos (Milián Milián, Ulloa Carcasés, Jornada Krebs & Rosario Ferrer 2012);
- Rehabilitación de áreas devastadas por la minería en la región nororiental de Cuba (Bruzón Sánchez, Herrero Echavarría, Salazar Diaz & Batista Martínez 2012).
- Propuesta de planes de manejo como instrumento para la rehabilitación de canteras. Estudio de casos: Cantera la Zamora, Matanzas (Fuentes Sardiñas 2013);
- Propuesta para la rehabilitación ecológica de un sitio degradado en la franja costera de la Reserva de la Biosfera Baconao (Robert Kernizan, González Izquierdo & Figueredo Cardona 2013);
- Recuperación de áreas dañadas por la minería en la cantera los Guaos, Santiago de Cuba (Montes de Oca Risco & Ulloa Carcasés 2013);
- Procedimiento para la rehabilitación minera ambiental de los yacimientos polimetálicos de Pinar del Río (Milián Milián 2014);
- Rehabilitación ambiental minera (Rodríguez Urbino, Díaz Martínez & Sigarreta Vilches 2016);
- Metodología para el mejoramiento y rehabilitación de ecosistemas degradados por la extracción de níquel en áreas de la Empresa "Comandante René Ramos Latour" (Batista Martínez 2016);
- Procedimiento para la recuperación de áreas degradadas en canteras de áridos (Montes de Oca Risco 2017);
- Procedimiento para el cierre de canteras de materiales para construcción en Cuba (Montero Matos 2016) y
- Cierre sostenible de canteras de materiales para la construcción en Cuba (Montero Matos 2018).

Todas estas investigaciones anteriormente referidas tienen dos puntos en común: plantean rehabilitar las áreas degradadas por la minería pero sin que exista un trabajo previo a la explotación minera que permita conocer las características y componentes del ecosistema, y proponen que el uso final de los terrenos rehabilitados debe ser forestal, sin considerar otros posibles usos futuros para la industria niquelífera.

La propuesta que aquí se expone tiene como precedente un modelo de gestión (Torres Batista, Rodríguez Córdova & Reynaldo Argüelles 2018) que integra las tres dimensiones, pero no llega a reconocer la rehabilitación como un proceso cíclico desde la prospección hasta el cierre del yacimiento, ni establece los pasos necesarios para darle cumplimiento a las etapas que propone.

La rehabilitación minera en Cuba es una temática poco trabajada desde la interdisciplinariedad por los investigadores de las diferentes ramas de las ciencias, pues cada año aumentan considerablemente los espacios degradados por la actividad minera y el daño medioambiental. Surge entonces la necesidad de diseñar un procedimiento que, además de integrar las dimensiones económica, ambiental y social, contribuya con resultados superiores al proceso de rehabilitación minera, lo cual constituye el propósito del presente trabajo.

Este procedimiento busca establecer una nueva concepción teórico-metodológica que consiga la rehabilitación en las áreas afectadas por la explotación minera, no solo para los yacimientos lateríticos, sino para otros yacimientos explotados a cielo abierto.

2. METODOLOGÍA

Se revisó la información recogida en publicaciones científicas, tesis y libros sobre este tema con el objetivo de comprobar las principales limitaciones que desde el orden teórico científico existen en cuanto a la rehabilitación minera. Se analizaron metodologías, procedimientos, manuales y programas de Cuba y otros países. También se hizo un trabajo de campo en los yacimientos lateríticos del municipio Moa para corroborar que la metodología actualmente utilizada solo toma en cuenta la dimensión ambiental

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se grafica el procedimiento que se propone para la gestión de la rehabilitación minera. Consta de ocho etapas y 16 tareas que tributan a cada una de las etapas, y los métodos y técnicas sugeridos para su desarrollo.

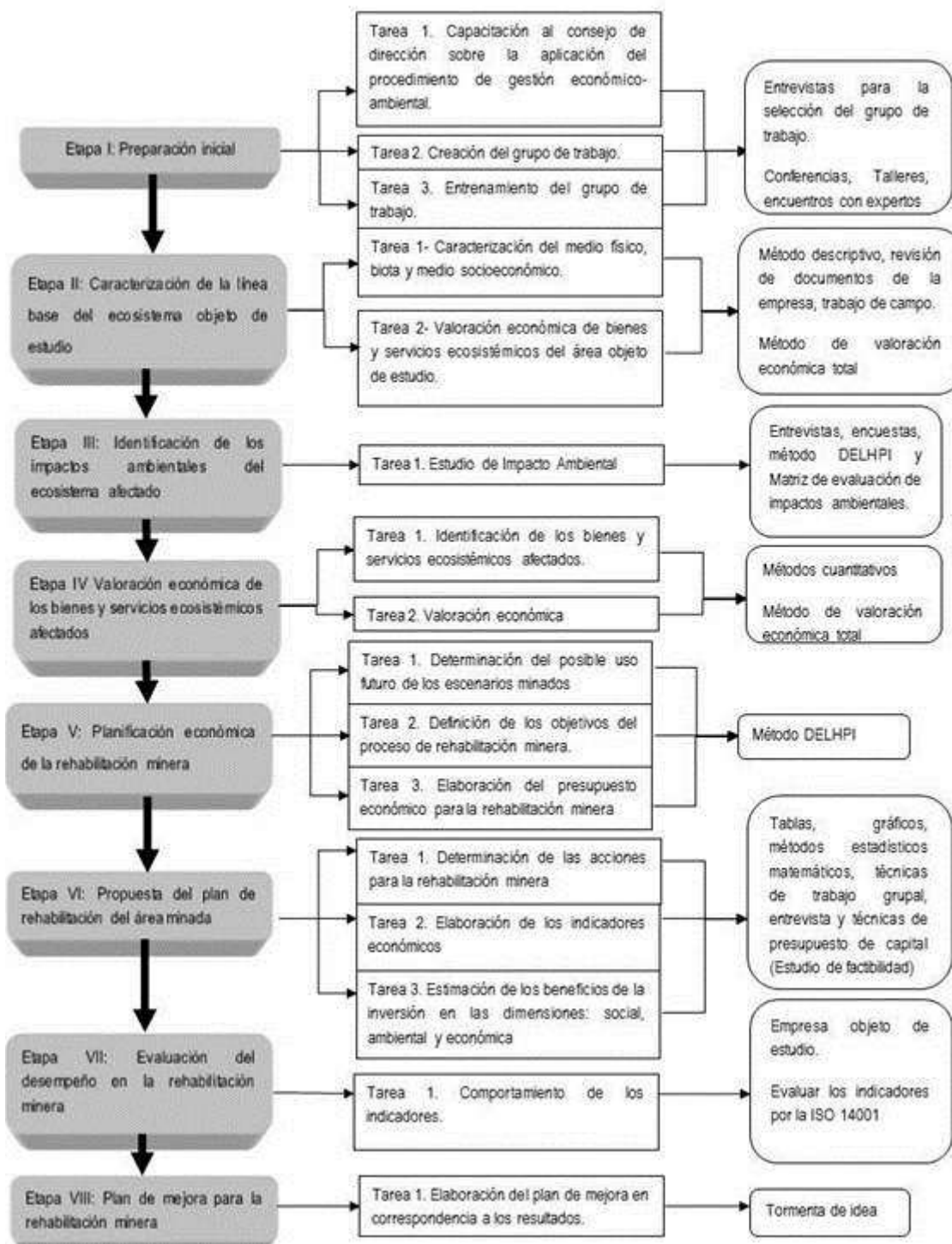


Figura 1. Procedimiento de gestión para la rehabilitación minera en explotaciones a cielo abierto.

Etapa I: Preparación inicial

Por su importancia, esta etapa va encaminada a capacitar al consejo de dirección para aplicar el procedimiento de gestión económico-socio-ambiental en la rehabilitación minera. Serán expuestas cada una de las

etapas y las tareas que las integran para lograr el desarrollo sostenible de las áreas explotadas, según los objetivos a corto, mediano y largo plazo. También se le dará a conocer la localización, características y componentes del ecosistema para llevar a cabo la aplicación del procedimiento. Se deberá constituir un grupo de trabajo multidisciplinario y su superación se debe realizar mediante un cronograma de capacitación con conferencias, talleres y encuentros con expertos en la materia.

Etapa II: Caracterización de la línea del ecosistema objeto de estudio

Se propone realizar una identificación del yacimiento seleccionado para el estudio, y exponer una breve descripción del mismo, localización, características y composición en cuanto al clima, relieve, tectónica, hidrogeología, las descripciones del medio biológico (flora, fauna, microorganismos), del medio social y económico, para caracterizar el área objeto de estudio, antes de realizar las explotaciones mineras.

Para incorporar el capital natural del yacimiento en estudio a la contabilidad de la empresa se deben determinar los bienes y servicios ambientales del ecosistema (el exante) a explotar; o sea, cuáles son los valores de uso directo o los valores de no uso indirecto que facilitará la aplicación de la guía metodológica para la valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos (BSE) y daños ambientales, confeccionada por la Dra. Gloria de las M. Gómez País. Dirección de Medio Ambiente, CITMA; Dr. Carlos Gómez Gutiérrez. INSTEC, Mes y MSc. Raúl Rangel Cura. Instituto de Geografía Tropical, CITMA en el año 2015.

Luego de determinar los bienes y servicios ambientales se procede a aplicar el método de valoración económico-ambiental donde se utilice la fórmula de Valor Económico Total que permita conocer cuantitativamente el valor del medio ambiente; para ello se deben conocer algunas definiciones.

La valoración económica total (VET) se realiza sobre la base de las funciones que desempeña el ecosistema, son declarados por los distintos usuarios de estos ecosistemas los tipos de usos para estimar su valor de uso y de no uso. Por lo tanto, el VET no es más que la suma de los estimados económicos de los valores de uso (valor de uso directo, valor de uso indirecto y valor de opción) y los valores de no uso (valor de existencia), o sea:

Valor Económico Total = Valor de Uso directo (VUD)+ Valor de uso indirecto (VUI) + Valor opción + Valor de existencia (García et al.)

Etapa III: Identificación de los impactos ambientales del ecosistema afectado

Para darle cumplimiento a esta etapa se deberá realizar entrevistas, encuestas y aplicar el método Delphi que permitirá el procesamiento de dicha información en la cual se expondrá el total de los impactos ambientales que son producidos por la explotación minera.

Para efectuar la evaluación de los impactos ambientales se estudiarán todas las variables que influyen de forma directa en el yacimiento a explotar como el medio físico (geológico, geomorfológico, hidrológico superficial y subterránea, suelo, clima, aire y ruido) con respecto a la biótica (flora, fauna, relaciones ecológicas y paisaje) y socioeconómica (población, salud, economía, cultura entre otros) lo que permitirá, sobre la base de la información recopilada y la aplicación de métodos estadísticos Delphi, una evaluación de los impactos ambientales y sociales.

Etapa IV: Valoración económica de los bienes y servicios ecosistémicos afectados

En esta etapa se deben determinar los bienes y servicios ecosistémicos afectados por la actividad minera en el momento de la explotación del yacimiento y los perjuicios provocados al ecosistema, así como los valores de uso directo e indirecto.

Etapa V: Planificación económica de la rehabilitación minera

El proceso de rehabilitación en áreas degradadas por la explotación minera, debe ser concebido simultáneo al proyecto de explotación del yacimiento minero, esto permite que, al concluir la explotación, se puedan implementar acciones correctoras al medio ambiente, y en poco tiempo lograr un ecosistema parcialmente rehabilitado, en cada hectárea. Para llevar a cabo estas acciones se debe realizar la elección del tipo de rehabilitación y uso final a desarrollar.

Determinación del posible uso futuro

La rehabilitación minera se debe tener en cuenta desde el mismo momento de la prospección, para el uso final de los terrenos una vez terminada la explotación del yacimiento, así como las limitaciones y potencialidades del entorno social, paisajístico y ecológico del territorio y las condiciones técnicas y económicas de la explotación minera.

Ya que el uso potencial de cada área se define como la capacidad natural que poseen las tierras para producir o mantener una cobertura vegetal. Esta

capacidad natural se puede ver limitada por la presencia de procesos erosivos severos, por la profundidad efectiva, el grado de pendiente, las características químicas y físicas de cada suelo y los niveles freáticos fluctuantes. (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC, 1985)

En las prácticas nacionales e internacionales a las diferentes áreas degradadas por la explotación minera se les pueden dar diversos usos futuros: agrícola, forestal, hábitat natural, actividades recreativas, urbanismo, industrial o vertederos de residuos. Los de mayor empleo son forestal, agrícola y recreativo, este último busca establecer las relaciones con la vegetación para lograr un hábitat natural.

Definición de los objetivos del proceso de rehabilitación

En el proceso de rehabilitación se debe tener bien definido los objetivos, siempre listándolos por el orden de prioridad e importancia, para obtener una rehabilitación integral del terreno.

Elaboración del presupuesto económico para la rehabilitación minera

Para la elaboración del presupuesto se utilizan todas las técnicas económicas y contables existentes en el territorio nacional, se tiene en cuenta el presupuesto de años anteriores en materia de rehabilitación minera, el mercado en la adquisición de las semillas para la siembra de la especie seleccionada y otras tareas como la conformación y protección de los taludes, el mantenimiento a las plantaciones y la corrección de cárcavas.

Etapa VI: Propuesta del plan de la rehabilitación del área minada

Las zonas implicadas en el proceso de rehabilitación ambiental son las que se encuentran en explotación o ya ha concluido la extracción, donde se han realizado excavaciones, explotaciones en bancos o taludes, áreas de depósitos de estériles y residuos, escombreras y en las vías de acceso y circulación al yacimiento.

En el análisis de los diferentes elementos que integran el proceso de rehabilitación se definen tres momentos:

1. Preparación técnica del terreno: ayuda a la conformación de terrazas de plataformas constantes que permite mitigar los procesos erosivos de las áreas afectadas por la minería, garantiza el aumento de la infiltración del agua en el suelo, la reducción de la escorrentía superficial, la disminución

de la velocidad de las lluvias y la retención de los sedimentos transportados por el flujo hídrico.

2. La remediación del terreno: facilita diferentes técnicas de tratamiento para neutralizar, eliminar o transformar los elementos o sustancias contaminantes presente en el medio ambiente y así conseguir la estabilidad química.

3. La rehabilitación biológica y social del terreno: permite la selección y clasificación de las especies a utilizar en las áreas degradadas, facilita la recuperación biológica del suelo, la reducción y control de la erosión, la estabilización de terrenos inestables, la protección de los recursos hídricos y la integración paisajística de los ecosistemas. Al lograr las acciones previstas anteriormente mejora la calidad de vida de la población colindante a los yacimientos explotados o en explotación.

Valoración de los indicadores económicos

Para evaluar el proceso de rehabilitación minera se diseñarán indicadores económicos como parte del sistema de información en la gestión económica, ambiental y social, lo que proporcionará las herramientas para mejorar las decisiones empresariales y gubernamentales y permitirá el seguimiento y control de la actuación del hombre en relación con el medio ambiente (Tabla 1).

Estimación de los beneficios del plan de acciones en las dimensiones económico, social y ambiental

Después del diseño de las acciones planificadas para el proceso de rehabilitación se procede a realizar los análisis económicos que permiten evaluar los gastos de esta actividad para su incorporación al presupuesto de la empresa, se tiene en cuenta la integración de las entidades gubernamentales con la protección o conservación del medio ambiente a través del proceso de rehabilitación minera.

Etapa VII: Evaluación del desempeño rehabilitación minera

Para evaluar el desempeño de la rehabilitación minera se elabora un programa que percibe la evaluación sistemática de los componentes ambientales, económicos y sociales, con la finalidad de examinar las medidas de manejo ambiental; se chequea su cumplimiento mediante la norma ISO 14001 que establece el Sistema de gestión ambiental internacional. Esto debe ser realizado por el personal responsable de la empresa y por el departamento del CITMA.

Todo proyecto que incluye acciones de rehabilitación a implementar se le debe dar seguimiento permanente. El trabajo y la efectividad de las acciones elaboradas deben ir acompañados de una auditoría de gestión ambiental interna.

Tabla 1. Indicadores económicos, sociales y ambientales

Etapas de la rehabilitación minera	Fórmula	Indicadores o Variables	U/M	Interpretación
Preparación técnica del terreno	$ER = \frac{THR}{THE}$	ER: Eficiencia en la rehabilitación THR: Total de hectáreas rehabilitadas THE: Total de hectáreas explotadas	U/%	Por ciento de hectárea rehabilitada por cada hectárea explotada.
	$CCT = \frac{THC - THPE}{THC}$	CCT: Calidad de la conformación del terreno THC: Total de hectáreas conformadas THPE: Total de hectáreas con proceso erosivo	U/%	Por ciento de hectáreas conformadas con relación a las erosionadas
	$CST = \frac{TTE}{TTS}$	CST: Calidad de la salud del trabajador TTE: Total de trabajadores enfermos por inadecuadas condiciones de trabajo TTS: Total de trabajadores sanos	U/%	Por ciento de trabajadores enfermos debido a las condiciones inadecuadas de trabajo en relación al total de trabajadores sanos vinculados al área objeto de estudio
	$TEERA = \frac{NCERA}{TCER}$	TEERA: Tasa específica de enfermedades respiratorias agudas NCERA: Nuevos casos con enfermedades respiratorias agudas por inadecuadas condiciones de trabajo TCER: Total de casos con enfermedades respiratorias	U/%	Por ciento de casos nuevos con enfermedades respiratorias agudas por inadecuadas condiciones de trabajo con respecto al total de casos por la propia enfermedad.
Remediación del terreno	$EQT = \frac{TTTDC}{TTTDP}$	EQT: Estabilidad química del terreno TTTDC: Total de trampas de sedimentación, trincheras y diques filtrantes conformadas TTTDP: Total de trampas de sedimentación, trincheras y diques filtrantes planificadas	U/%	Por ciento de trampas de sedimentación y diques filtrantes conformada en relación con las planificadas
	$EFT = \frac{TTC}{TTP}$	CT: Estabilidad física del terreno TTC: Total de taludes conformados TTP: Total de taludes planificados	U/%	Por ciento de Taludes conformados en relación con los planificados
	$ERFLA = \frac{TFR}{TFA}$	ERFL: Eficiencia en la recuperación de la flora afectada	ha	Total de hectáreas de flora recuperadas con respecto

		TFR: Total de hectáreas de flora recuperadas		al total de hectáreas de flora afectada
		TFA: Total de hectáreas de flora afectadas		
	ERFA= $\frac{TEFR}{TEFA}$	ERFA: Eficiencia en la recuperación de la fauna afectada	U	Total de especies de la fauna recuperada con relación al total de especies de fauna afectada
		TEFR: Total de especies de la fauna recuperadas		
		TEFA: Total de especies de fauna afectadas		
Rehabilitación minera	EPARM= $\frac{ARRM}{APRM}$	EPARM: Efectividad del plan de acciones por la rehabilitación minera	U	Acciones realizadas para la rehabilitación minera en relación con las planificadas
		ARRM: Acciones realizadas por la rehabilitación minera		
		APRM: Acciones planificadas en la rehabilitación minera		
	EERM= $\frac{GRARM}{GAPRM}$	EERM: Eficiencia económica de la rehabilitación minera	UM/%	Porcentaje de gastos reales en la ejecución de la rehabilitación minera en relación a los gastos planificados para el propio concepto.
		GRARM: Gasto real anual en la rehabilitación minera		
		GAPRM: Gasto anual planificado para la rehabilitación minera		
	CPRM= $\frac{HE}{HPR}$	CPRM: Cumplimiento del Plan de rehabilitación minera	U/%	Porcentaje de hectáreas en ejecución en relación con las planificadas
		HE: Hectáreas en ejecución		
		HPR: Hectáreas planificadas a rehabilitar		
	CARM= $\frac{CARM}{CTRM}$	CARM: Calidad ambiental de la rehabilitación minera	U/%	Porcentaje de costos ambientales en la rehabilitación minera con respecto con los costos totales
		CARM: Costos ambientales de la rehabilitación minera		
		CTRM: Costos totales de la rehabilitación minera		

Al realizar la auditoría interna se tienen presentes los indicadores económicos, sociales y ambientales elaborados, las responsabilidades, los requisitos de la planificación y los informes de las auditorías internas. Esta auditoría ambiental se puede efectuar periódicamente para determinar si las medidas aplicadas para la rehabilitación minera han sido implementadas y mantenidas de acuerdo con lo planificado.

Etapa VIII: Elaboración del plan de mejora en correspondencia a los resultados

En esta etapa corresponde al grupo de trabajo reunirse para proponer nuevas acciones encaminadas a revertir las deficiencias antes detectadas en las diferentes dimensiones. Se analiza diariamente los resultados existentes y las insuficiencias en las acciones proyectadas para reevaluación o

reformación de acciones adoptadas, y de esta forma alcanzar una rehabilitación integral.

Las medidas correctivas propuestas por el grupo de trabajo se deben supervisar e inspeccionar periódicamente, con la visión de mantener las condiciones compatibles según los patrones estándares predeterminados. A esta etapa se le da cumplimiento mediante la tormenta de ideas desarrollada por los especialistas que atienden la actividad en la empresa.

4. CONCLUSIONES

- El procedimiento propuesto constituye una herramienta metodológica que facilita a administrativos y trabajadores de las entidades mineras un sistema de indicadores que contribuye a incorporar a la rehabilitación minera no solo la dimensión ambiental, sino además, las dimensiones económica y social.
- La aplicación de este procedimiento coadyuvará a la sostenibilidad del ecosistema afectado y puede ser utilizado en cualquier yacimiento cuya explotación se realice a cielo abierto

5. REFERENCIAS

- Asamblea del Poder Popular. 1995: Ley 76 Ley de Mina. *Gaceta Oficial de la República de Cuba*. La Habana.
- Batista-Martínez, K. 2016: *Metodología para el mejoramiento y rehabilitación de ecosistemas degradados por la extracción de níquel en áreas de la Empresa Comandante René Ramos Latour*. Tesis de maestría. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
- Bruzón-Sánchez, N.; Herrero-Echavarría, G.; Salazar-Diez, R. y Batista-Martínez, K. 2012: Rehabilitación de áreas devastadas por la minería en la región nororiental de Cuba. *Agricultura Orgánica*, 18(1): 12-15.
- Chaviano-Beitra, A.; Cervantes-Guerra, Y. y Pierra-Conde, A. 2011: Algunas consideraciones de rehabilitación minera en la minería del níquel: Municipio de Moa, Cuba. *Revista Desarrollo Local Sostenible*, 4(10): 41-52.
- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. 1985: Estudio sobre el uso potencial del suelo, cuenca alta del río Dagua. Cali, Colombia.
- Fuentes-Sardiña, R. I. 2013: *Propuesta de planes de manejo como instrumento para la rehabilitación de canteras. Estudio de casos: Cantera la Zamora, Matanzas*. Tesis doctoral. Universidad de Pinar del Río.

- García, A. E.; Bruzón, N.; Campos, M.; Olivera, J.; Miravet, B. L.; Jaimez, E. y Carballosa, A. 2011: Principales problemas que confronta el proceso de rehabilitación de áreas impactadas por la minería del níquel en Cuba. Cuarta Convención Cubana de Ciencias de la Tierra, GEOCIENCIAS '2011. IV Congreso Cubano de Minería (MINERIA'2011). La Habana, 4 al 8 de abril de 2011. ISBN 978-959-7117-30-8.
- Gómez-Pais, G. d. I. M.; Gómez-Gutiérrez, C. y Rangel-Cura, R. 2015: *Guía metodológica para la valoración económica de bienes y servicios ecosistémicos (BSE) y daños ambientales*. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, CITMA. 48 p.
- Herrero-Echevarría, G.; Bruzón-Sánchez, N.; Batista-Martínez, K. y Herrera-Oliver, P. P. 2009: Reforestación para la rehabilitación de terrenos degradados por la industria minera a cielo abierto en la región Nicaro-Mayarí, Holguín, Cuba. *Agricultura Orgánica*, 15(3): 19-21.
- Londoño, J. y Correa-Restrepo, F. 2011: Valoración económica de impactos ambientales de los proyectos de generación de hidroelectricidad: el caso del Salto del Buey, Colombia. *Revista CIER*, 61: 19-28.
- Milián-Milián, E. 2014: *Procedimiento para la rehabilitación minera ambiental de los yacimientos polimetálicos de Pinar del Río*. Tesis doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
- Milián-Milián, E.; Ulloa Carcasés, M.; Jornada Krebs, A. S. y Rosario Ferrer, Y. 2012: Procedimiento para la rehabilitación minero-ambiental de yacimientos piríticos polimetálicos cubanos. *Minería y Geología*, 28(4): 20-40.
- Montero-Matos, J.; Otaño-Nogel, J.; Guerrero-Almeida, D. 2016: Procedimiento para el cierre de canteras de materiales para la construcción en Cuba. *Minería y Geología*, 32(1): 106-120.
- Montero-Matos, J. 2018: *Cierre sostenible de canteras de materiales para la construcción en Cuba*. Tesis doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
- Montes de Oca-Risco, A. 2017: *Procedimiento para la recuperación de áreas degradadas en canteras de áridos*. Tesis doctoral. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
- Montes de Oca-Risco, A. y Ulloa-Carcasés, M. 2013: Recuperación de áreas dañadas por la minería en la cantera los Guaos, Santiago de Cuba, Cuba. *Luna Azul*, 37: 74-88.
- Robert-Kernizan, E.; González-Izquierdo, E. y Figueredo-Cardona, L. M. 2013: Propuesta para la rehabilitación ecológica de un sitio degradado en la franja costera de la Reserva de la Biosfera Baconao. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*, 1(2): 15 p.

Rodríguez-Urbino, J.; Díaz-Martínez, B. y Sigarreta-Vilches, S. 2016: *Rehabilitación ambiental minera*. 265 p. Disponible en: <http://repositorio.geotech.cu/jspui/handle/1234/1037> .

Torres-Batista, Y.; Rodríguez-Córdova, R. y Reynaldo-Argüelles, C. L. 2018: Modelo de gestión económico-ambiental para la rehabilitación minera en función del desarrollo sostenible. *Revista Caribeña de las Ciencias Sociales*, (julio 2018). Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/07/gestion-economico-ambiental.html>

Recibido: 13/09/2018

Aceptado: 11/12/2018

Yordanis Torres-Batista, Licenciado en Economía. Profesor Asistente. Departamento Dirección. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa
ytbatista@ismm.edu.cu