

## **Impacto ambiental de la ampliación de una presa de colas de la industria cubana del níquel**

Teresa Hernández-Columbié  
Mayda Ulloa-Carcasés

### Resumen

Los residuales sólidos de la industria niquelífera cubana se almacenan en presas de colas que requieren capacidades cada vez mayores. La ampliación de las presas se ha previsto verticalmente debido a la falta de espacio en extensión. Los impactos ambientales que produce esta ampliación se han identificado y valorado a través de la metodología de Criterios Relevantes Integrados de Buroz que fusiona varios métodos. La evaluación permitió identificar que las principales acciones que producen impactos son: la construcción, la operación, el cierre y el poscierre; los componentes ambientales que se afectan: suelo, aire, agua, la biota y el socioeconómico. Los impactos más notables se identificaron en la fase de construcción y operación de las presas, siendo los elementos más afectados el suelo, el aire, el agua, la biota y la economía. Se proponen medidas de prevención, corrección y mitigación para los impactos ambientales negativos declarados en la evaluación realizada.

Palabras clave: presa de colas; evaluación de impactos; industria del níquel; Moa.

## **Environmental impact caused by a tailings pond expansion in the nickel industry**

### Abstract

In Cuban nickel plants, the tailings are stored in ponds. The storage capacity of these tailings ponds requires to be constantly increased. The tailings pond capacity is to be increased upward by raising dykes due to space limitations to the pond's length. The environmental impacts of this expansion have been identified and assessed by applying the Buroz's Relevant Integrated Criteria, which combines several methods. This assessment allowed identifying the main actions causing the environmental impact, which are as follows: construction, tailings pond operations, pond decommissioning and post-decommissioning activities. The environmental components that are most affected are: the soil, the water, the air, the biota and the socio-economic factor. The most significant impacts were identified to be caused during the pond construction phase and operations. The elements that are most affected are: the soil, the air, the water, the biota and the economy. This work proposes actions to be carried out for the prevention, remediation and mitigation of the negative environmental impacts that have been identified in the environmental assessment.

Keywords: tailings pond; impact assessment; nickel industry; Moa.

## 1. INTRODUCCIÓN

La evaluación de impacto ambiental (EIA) es una técnica generalizada a nivel mundial, empleada de forma especial por los organismos internacionales y que, reiteradamente, a través de los programas de acción, se ha reconocido como un instrumento adecuado para la preservación de los recursos naturales y la defensa del medio ambiente.

La EIA es uno de los instrumentos de la gestión y la política ambiental cuya implementación ha permitido introducir, en programas y proyectos de obras o actividades, significativas medidas para la protección del medio ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales, y se consolida como una importante herramienta para la toma de decisiones (Rodríguez-Pacheco 2011).

Para la problemática de las presas de colas en los países con alto desarrollo económico se presentan soluciones innovadoras que permiten la protección del medio ambiente desde las operaciones de construcción hasta el cierre y poscierre de las presas, sin embargo, la realidad es muy diferente en las naciones con economías deprimidas, donde estas presas son fuentes de contaminación de los ecosistemas (Rodríguez 2011).

La ocurrencia de catástrofes ante el colapso de presas de colas, debido a causas naturales o antrópicas, son evidencias de EIA incorrectamente realizadas por las compañías diseñadoras de estas obras (Zandarín & Rodríguez 2008).

En España, muchas de estas presas se han destruido por motivos diferentes. El más reciente y devastador accidente de este tipo fue el colapso de la presa Aznalcóllar, la rotura de sus diques provocó la contaminación de grandes extensiones de terreno de áreas naturales, lo que demostró la inexistencia o deficiente EIA del proyecto constructivo (Alonso & Gens 2008).

En la actualidad se reconoce la necesidad de realizar EIA de proyectos con altos riesgos ambientales a través de metodologías más integradoras que abarquen el mayor espectro de probabilidades de fallo debido a las situaciones extremas que está provocando el cambio climático a nivel mundial (Sánchez-Espinosa 2010).

En Cuba existen regulaciones ambientales para toda actividad que genere deterioro del medio ambiente. En esa dirección, se estableció la EIA como uno de los niveles fundamentales de la gestión ambiental y se promulgó la Ley 81 del Medio Ambiente, que establece la obligatoriedad de

prevenir, minimizar o mitigar los efectos negativos del medio ambiente sobre cualquier actividad (CICA 2001).

Los procesos inversionistas en la industria del níquel aseguran el incremento de las producciones de Ni+Co, lo que está intrínsecamente ligado a la generación de mayores volúmenes de residuales sólidos y líquidos, que deben almacenarse de forma segura en las presas de colas. Estos residuos poseen propiedades altamente contaminantes para el medio ambiente, lo cual exige el estricto cumplimiento de las regulaciones ambientales y la realización del estudio de impacto de estas obras.

Las regulaciones cubanas de la actividad minera se recogen en la Ley 81 de Medio Ambiente y en la Ley 76 de Minas, así como en varios decretos-leyes que regulan la explotación racional de los recursos naturales y la protección del medio ambiente.

Las presas de colas deben ser estructuras seguras, estables en el tiempo y no producir afecciones al ambiente. Para minimizar y controlar los riesgos asociados a su construcción se debe prestar especial atención a las etapas de diseño, construcción y operación, además de una planificación para las etapas de cierre y poscierre (Rodríguez-Pacheco 2011).

La construcción de presas de colas de la industria del níquel datan de la década de los 40, y en su mayoría se encuentran situadas en la cercanía de ríos, arroyos y del mar, lo que hace más complejo su manejo. El incumplimiento de las regulaciones ambientales en el pasado provocó que estas obras se transformaran en grandes focos de contaminación (Hernández-Martínez 2010). En la actualidad ocupan más de mil hectáreas, y captan miles de metros cúbicos de colas diariamente, a lo que hay que añadir que sus playas y diques de contención no poseen coberturas de protección para su estabilización física y química (Hernández-Martínez 2010).

En Moa existen tres depósitos de colas en operación y otros transformados en pasivos ambientales. Están ubicados sobre el valle de inundación del arroyo Los Lirios y el del río Moa, en la costa noreste de la provincia de Holguín (Figura 1).



Figura 1. Ubicación geográfica de presa de colas en operación.

Este trabajo tiene como objetivo general identificar los impactos que genera el proceso de ampliación de las presas de colas, y elaborar un plan de medidas para prevenir, corregir y mitigar los más significativos.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de la EIA se analizaron los métodos de evaluación de impactos de Leopold et al. (1971); Conesa-Fernández (2000); Gómez-Orea (2003) y el propuesto por Buroz (1998) de Criterios Relevantes Integrados. Se seleccionó y aplicó la metodología de Buroz basado en el método de las matrices causa-efecto, derivadas de la matriz de Leopold con resultados cualitativos y del método del Instituto Batelle-Columbus con resultados cuantitativos, conformada por un cuadro de doble entrada que recoge por las columnas las acciones impactantes y por las filas los factores ambientales susceptibles de recibir impactos. Las etapas metodológicas que lo componen se muestran en la Figura 2.

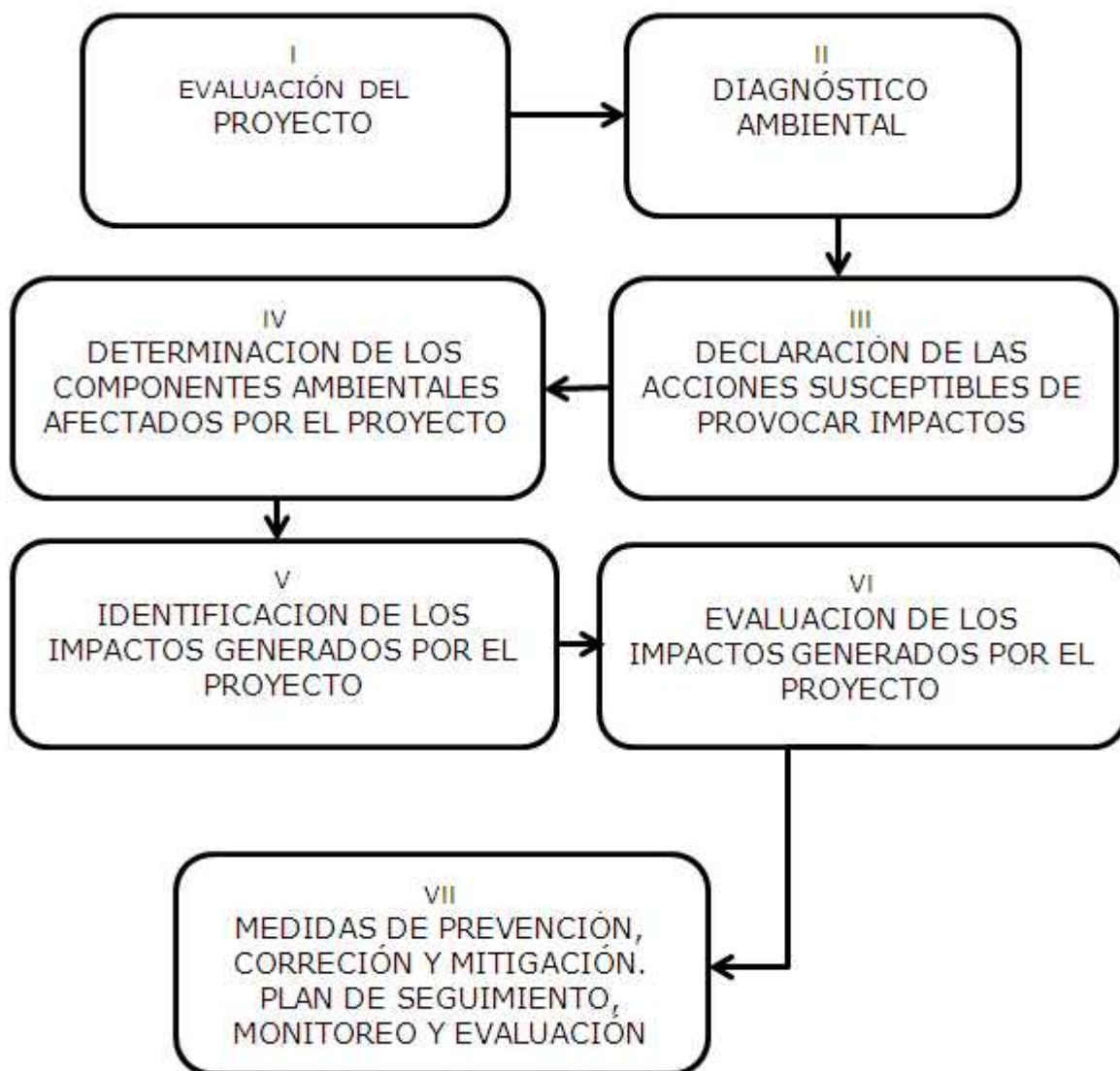


Figura 2. Etapas de la metodología de la EIA (adaptado de Buroz 1998).

- Evaluación del proyecto. Consiste en la descripción de las fases de construcción, del equipamiento a emplear, control de la calidad y objetivos de la ampliación de la presa de colas (Tabla 1).
- Diagnóstico ambiental. Se realiza para conocer el estado del medio ambiente y se toman los resultados de estudios ambientales realizados con anterioridad, tales como: estudios de línea base, de riesgos, hidrogeológicos y geotécnicos.
- Identificación de las principales acciones susceptibles de provocar impactos. Para identificar estas acciones se aplican consultas a expertos, listas de chequeos y escenarios comparados.

- Determinación de los componentes ambientales afectados por las fases constructivas de la presa de colas. Se emplean las mismas técnicas que en la etapa anterior.
- Identificación de los impactos generados por la interacción de la obra con el entorno y elaboración de la matriz de interacción.
- Evaluación de los impactos ambientales a través del índice de impacto ambiental contenido en la metodología de Criterios Relevantes Integrados.
- Elaboración del plan de medidas preventivas, correctoras y de mitigación de impactos negativos. Plan de seguimiento, monitoreo y evaluación.

Tabla 1. Fases de ampliación de la presa de colas y sus respectivas acciones

Fases	Acciones
Levantamiento de diques	I-Movimiento de equipos y maquinarias pesadas II-Arranque, carga y transporte del material III-Subsolación y humedecimiento del terreno IV-Conformación de las capas V-Compactación del material de préstamo VI-Remodelación de la corona y el talud del dique VII-Establecimiento de instrumentos de auscultación (piezómetros, puntos de referencia topográfico y otros) VIII-Instalación de infraestructura auxiliar (tuberías de residuos, canales, drenes, control de flujo y estación de bombeo)
Operación de la presa de colas	IX- Vertido y almacenamiento de las colas X-Operación y mantenimiento de la presa XI-Mantenimiento de caminos (remodelado y riego) XII-Construcción de banquetas XIII-Económico
Cierre	XIV-Rehabilitación de la presa de colas XV-Estabilización de los taludes de la presa de colas XVI- Monitoreo

Esta relación permitió identificar los impactos sobre los componentes ambientales:

## A) Aire

1. Emisión de polvo
2. Incremento de la contaminación del aire
3. Contaminación por gases
4. Disminución de la cantidad de polvo y gases en la atmósfera

## B) Agua

5. Contaminación de las aguas superficiales

6. Afectación de la calidad de los acuíferos subterráneos
7. Modificación de la red hidrográfica
8. Rebosamiento
9. Disminución del nivel de sedimentos en el agua
10. Creación de una nueva red de drenaje

C) Suelo

11. Inestabilidad de los terrenos
12. Aumento de las probabilidades de la licuefacción
13. Incremento de la erosión
14. Incremento de la compactación
15. Destrucción de la geomorfología del área
16. Aumento de la sismicidad de la zona
17. Modificación del paisaje natural
18. Afectación de la calidad de los suelos

D) Biótico

19. Modificación del hábitat
20. Destrucción de la flora terrestre y acuática
21. Afectación de la fauna terrestre
22. Destrucción de la fauna acuática
23. Migración de la fauna
24. Retorno parcial de la fauna y la flora

E) Socioeconómico

25. Cambios en la economía regional
26. Deterioro en calidad de vida de los pobladores
27. Pérdida de atributos del paisaje.

Esta metodología es del tipo numérico y cumple con los tres requisitos del modelo ideal de valoración: adecuación conceptual, adecuación de la información de forma total, y adecuación matemática de manera parcial, en favor de considerar una mayor cantidad de información.

La valoración considera la calificación a través de siete variables que inciden en la evaluación final del índice ambiental del impacto:

- Carácter del impacto o signo (+/-). Esta clasificación establece si el impacto de cada acción del proyecto es beneficiosa (signo positivo) o adversa (signo negativo).
- Intensidad del impacto (I). La intensidad considera qué tan grave puede ser la influencia de la actividad del proyecto sobre el componente ambiental analizado.



- Extensión o influencia espacial del tiempo (E). Esta variable considera la influencia del impacto sobre la delimitación espacial del componente ambiental. La escala de calificación de esta variable se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Escala de valoración de la extensión de los impactos

Extensión	Valoración
Puntual	1,0
Particular	2,5
Local	5,0
Regional	7,5
Generalizada	10,0

- Duración del impacto ambiental (D). Esta variable considera el tiempo que durará el efecto de la actividad del proyecto sobre el componente ambiental analizado. La Tabla 3 muestra la escala de valores sugeridos para calificar esta variable.

Tabla 3. Escala de valoración de la duración de los impactos

Duración	Valoración
Esporádica	1,5
Temporal	2,5
Periódica	5,0
Recurrente	7,5
Permanente	10,0

- Magnitud del Impacto Ambiental (M). Esta variable no necesita ser calificada ya que su valor es obtenido relacionando las variables anteriores (signo, intensidad, extensión y duración). Sin embargo, cada variable no influye de la misma manera sobre el resultado final de la magnitud, cuya ecuación es la siguiente:

$$M = + \cdot [(I_i \cdot W_I) + (E_i \cdot W_E) + (D_i \cdot W_D)]$$

Donde:

I: intensidad

E: extensión

D: duración.

En la ecuación anterior,  $W_I$ ,  $W_E$  y  $W_D$ , son factores adimensionales que representan el peso de incidencia de la variable considerada sobre la magnitud del impacto, y cuyo valor numérico individual es inferior a 1. La suma de los tres coeficientes de peso en conjunto debe ser siempre igual a la unidad.

Reversibilidad (RV). Esta variable considera la capacidad del sistema de retornar a las condiciones originales una vez cesada la actividad generadora del impacto. La Tabla 4 muestra la escala de valores asignados para calificar esta variable.

Tabla 4. Escala de valoración de la reversibilidad de los impactos

Capacidad de reversibilidad	Valoración
Completamente reversible	1,0
Medianamente reversible	2,5
Parcialmente irreversible	5,0
Medianamente irreversible	7,5
Completamente irreversible	10,0

- Riesgo o probabilidad del suceso (RG). Finalmente, se valora la probabilidad de ocurrencia del impacto sobre el componente ambiental analizado. La Tabla 5 muestra la escala de valores asignados.

Tabla 5. Escala de valoración de la probabilidad de ocurrencia de los impactos

Probabilidad	Rango de ocurrencia	Valoración
Alta	Si el impacto tiene una probabilidad de ocurrencia mayor al 50 %	10
Media	Si el impacto tiene una probabilidad de ocurrencia entre el 10 % y el 50 %	5
Baja	Si el impacto tiene una probabilidad de ocurrencia casi nula en un rango menor al 10 %	1

Con los resultados de las variables se calcula el valor del índice ambiental (VIA). Este valor considera la relación de la reversibilidad (RV), el riesgo (RG), y la magnitud (M), mediante la expresión matemática siguiente:

$$VIA = RV^{WRV} \cdot RG^{WRG} \cdot M^{WM}$$

Donde:

RV: reversibilidad

RG: riesgo

M: magnitud.

En esta ecuación, WRV, WRG, WM, son factores adimensionales que representan el peso de incidencia de la reversibilidad, el riesgo y la magnitud, respectivamente. Al igual que en la ecuación de la magnitud, dichos coeficientes son menores que 1 y la suma de los mismos debe dar la unidad.

Una vez obtenido el Valor del Índice Ambiental (VIA) de cada impacto se procesan y analizan los resultados cuantitativamente a través de la

matriz de significación de impactos (Tabla 6) y, posteriormente, se caracterizan cualitativamente cada uno de ellos.

Tabla 6. Escala de significado de los impactos evaluados

Valor de Índice Ambiental (VIA)	Significado del Impacto
0	Neutro
0-4	Bajo
4-7	Médio
7-10	Alto

### 3. RESULTADOS

Durante el proceso de evaluación se identificaron las tres fases principales del proyecto susceptibles de provocar impactos medioambientales: el levantamiento de diques, operación de la presa de colas y el cierre de la misma, cada una de las cuales está constituida por acciones productoras de impactos (Tabla 6) que se interrelacionan con los factores ambientales A) aire, B) agua, C) suelo, D) biota y E) socioeconómico

#### 3.1. Evaluación de los impactos ambientales

Una vez identificados los impactos se procedió a valorarlos a través de siete matrices de impacto de cada variables antes mencionadas, las cuales inciden directamente sobre el valor del índice ambiental, los resultados se presentan en una matriz de valoración cualitativa y otra de valoración cuantitativa. Posteriormente, se determinaron los impactos totales sobre cada componente ambiental.

Para la presente evaluación ambiental se asignaron los siguientes valores:

Para  $W_I=0.4$ ;  $W_E=0.4$ ;  $W_D=0.2$

Para WRV: 0,3; WRG: 0,3; WM: 0,4

De forma general, los impactos que afectan los componentes ambientales se manifiestan de forma extensa, con un significado alto. Las acciones más negativas del proyecto están enmarcadas en el proceso de construcción de los diques y de la operación de la presa de colas, las cuales inciden significativamente sobre todos los componentes ambientales del medio. La magnitud de los mismos exige de un plan de prevención, mitigación y corrección de impactos diseñado detalladamente para cada caso en particular.

Las medidas de prevención, mitigación y corrección de impactos son de gran importancia dentro del proceso de evaluación de impactos del

proyecto de la presa de colas; la propuesta diseñada para cada una de las fases del proyecto de ampliación se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Plan de medidas de prevención, mitigación y corrección de impactos

Fases del proyecto	Medidas/Plazos	Responsables
Levantamiento de diques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear una cortina de árboles entre la presa de colas y el poblado de La Veguita. Plazo: Inmediato</li> <li>• Extraer y almacenar la capa fértil del suelo. Plazo: Permanente</li> <li>• Realizar la correcta compactación del material de préstamo para la conformación de las capas de los diques. Plazo: Permanente</li> <li>• Mantener un riego sistemático de agua en los caminos</li> <li>• No afectar las franjas de protección de ríos y arroyos</li> <li>• Cumplir con las medidas de protección e higiene del trabajo</li> <li>• Capacitación ambiental del personal de construcción y operación de la presa de colas</li> <li>• Monitoreo de la calidad de la construcción y de los componentes ambientales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jefe de presa de colas</li> <li>• Jefe de rehabilitación</li> <li>• Ejecutor de obra</li> <li>• Ejecutor de obra</li> <li>• Jefe de rehabilitación</li> <li>• Jefe de presa de colas</li> <li>• Jefe de rehabilitación</li> <li>• Ejecutor de obra y Jefe de rehabilitación</li> </ul>
Operación de la presa de colas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conformar los taludes inestables, suavizar el ángulo de las pendientes y garantizar un manejo correcto de las colas, con el fin de evitar rebozos de aguas ácidas. Plazo: Permanente</li> <li>• Realizar un estudio hidrogeológico detallado. Plazo: Mediano</li> <li>• Construcción de anillos de captación de posibles vertimientos de colas al medio</li> <li>• Realización de acciones de capacitación ambiental sobre las buenas prácticas en el manejo de las colas</li> <li>• Monitoreo de la calidad de la construcción y de los componentes ambientales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supervisor operación de presa de colas</li> <li>• Gerente presa de colas</li> <li>• Gerente presa de colas</li> <li>• Gerente presa de colas</li> <li>• Ejecutor de obra y Jefe de rehabilitación</li> </ul>
Cierre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comenzar la rehabilitación progresiva de los diques. Plazo: Corto</li> <li>• Remodelación y protección de los taludes de la presa de colas para atenuar la acción de la erosión y favorecer la</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Supervisor de</li> </ul>





alteración del color importante. Los impactos clasifican como extensos, intensos, irreversibles, duraderos y de significado alto.

Al valorar el componente agua se tuvo en cuenta que las actividades del proyecto contaminan las aguas superficiales y subterráneas y modifican la red hidrográfica. Estos impactos incrementan su relevancia producto de la presencia de varios arroyos como el Cabañas, Los Lirios y el río Moa, los cuales revisten especial interés para el desarrollo de la región. Como resultado de la actividad minera esta red hídrica presenta un alto grado de deterioro en la calidad de sus aguas, los impactos se valoran como de significado alto.

La biota de la zona está muy afectada por la acción antrópica, la extracción de arenas de la ribera del río Moa, la colmatación por sedimentos provenientes de la minería, la deforestación de los bosques de galería y el vertimiento de residuales líquidos y sólidos destruyeron significativamente la flora y fauna acuática. Las labores de rehabilitación de la presa de colas con especies propias de la zona mitigan los impactos existentes, los cuales son de gran extensión, duraderos, intensos y significado alto.

Los impactos sobre el componente socioeconómico se valoran desde dos puntos de vista: como positivos, por el incremento del nivel de empleo de la población, la mejora de la comunicación terrestre y la reubicación de la comunidad en zonas no afectadas por la minería y, se califica como negativo, por la afectación ambiental de los pobladores de la comunidad de La Veguita debido a las emanaciones de gases de la presa de colas que incrementan las enfermedades respiratorias.

## 5. CONCLUSIONES

- La metodología empleada permitió identificar los principales impactos que se producen durante cada fase de ejecución del proyecto de ampliación de la presa de colas (construcción de diques, operación de la presa de colas y cierre de la obra), y su interacción con los diferentes componentes ambientales del medio (aire, suelo, agua, biota y el socioeconómico).
- La evaluación de impactos realizada demuestra que los impactos afectan con una marcada tendencia negativa. Se demuestra el deterioro ambiental existente en el área de estudio.
- El plan de medidas preventivas, correctoras y de mitigación está en correspondencia con la magnitud de los problemas ambientales generados por el proyecto, y el plan de monitoreo propuesto

garantiza un control de la calidad de los factores ambientales del área del proyecto y su entorno

## 6. REFERENCIAS

- ALONSO, E. & GENS, A. 2008. Aznalcóllar dam failure. Part 1: Fiel observations and material properties. *Géotechnique* 56(3): 165-183.
- BUROZ, E. 1998. La gestión ambiental: Marco de referencia para las evaluaciones de impacto ambiental. Fundación Polar, Caracas, ISBN 980-6397-51-7, 376 p.
- CICA (Centro de Inspección y Control Ambiental). 2001. Guía para la realización de las Solicitudes de Licencias Ambientales y los Estudios de Impacto Ambiental. La Habana, 56 p.
- CONESA-FERNÁNDEZ, V. 2000. Guía metodológica para la evaluación de impacto ambiental. 3ra ed. Vol. 1. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, 416 p.
- GÓMEZ-OREA, D. 2003. Evaluación de Impacto Ambiental. 2da ed. Editorial Mundi-Prensa, Madrid, 760 p.
- HERNÁNDEZ-COLUMBIÉ, T. & MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, G. 2010. Evaluación de impacto ambiental de las presas de colas de la industria del níquel. En: Simposio Internacional de restauración ecológica 2010. Memorias [CD-ROM], Santa Clara, Cuba, 8-13 septiembre.
- LEOPOLD, L. B.; CLARKE, F. E.; HANSHAW, B. B. & BALSLEY, J. E. 1971. A procedure for evaluating environmental impact. U. S. Geological Survey Circular 645, Washington, D. C., 13 p.
- RODRÍGUEZ-PACHECO, R. 2011. Los desafíos a que se enfrenta el cierre de minas en el siglo XXI. En: IV Convención Internacional Cubana Ciencias de la Tierra. Memorias [CD-ROM], La Habana, Cuba, 4-8 abril.
- SÁNCHEZ-ESPINOSA, Y. 2010. La evaluación de impacto ambiental en los proyectos mineros. En: Simposio Internacional de restauración ecológica 2010. Memorias [CD-ROM], Santa Clara, Cuba, 8-13 septiembre.
- ZANDARÍN & RODRÍGUEZ. 2008. Stability of a tailing dam considering the hydro-mechanical behavior of talings and climate factors. In: Toll, D. G.; Augarde, C. E.; Gallipoli, D. & Wheeler, S. J. (eds). *Unsaturated soils. Advances in geoenvironmental engineering*. Taylor and Francis, London

**Teresa Hernández-Columbié** [thdez@moanickel.com.cu](mailto:thdez@moanickel.com.cu)

Master en Ciencias Ambientales. Especialista de Proyectos.  
Mina Pedro Sotto Alba, Moa, Holguín, Cuba.

**Mayda Ulloa-Carcasés** [mulloac@ismm.edu.cu](mailto:mulloac@ismm.edu.cu)

Doctora en Ciencias Económicas. Profesora Titular, Departamento de Minas.  
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, Holguín, Cuba