



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

**Trabajo de diploma en opción al  
título  
en  
Ingeniero en Minas**

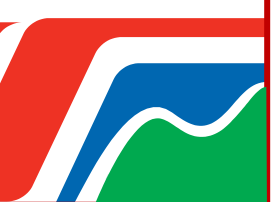
**Título: Evaluación ambiental de los Pasivos  
Ambientales Mineros de la mina de la empresa  
Comandante Ernesto Che Guevara**

**Autor: Yamila Azahares Ríos**

**Tutores: Dra. C. Mayda Ulloa Carcassés**

**Dra. C. María Isabel García de la Cruz**

**Curso  
2014 – 2015  
Año 57 de la Revolución**





**Ministerio de Educación Superior**

**Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa**

**Dr. Antonio Núñez Jiménez**

**Facultad de Geología –Minería**

**Departamento de Minas**

**Trabajo de diploma en opción al  
título  
en  
Ingeniero en Minas**

**Autor: Yamila Azahares Ríos** \_\_\_\_\_

**Tutores: Dra. C. Mayda Ulloa Carcassés** \_\_\_\_\_

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo primeramente al único y soberano DIOS del cielo, mi único y suficiente salvador, a mis padres por el esfuerzo y la dedicación que han tenido durante todos estos años, a mi querido esposo Lennis Espinosa Blanco por su amor y por su ayuda a mis hermanas y a mi hermano William Azahares, a mi querida abuela Exiquia Blett y en especial a mi querida sobrina Claudia Torres.

# AGRADECIMIENTOS

✚ Al REY del universo, al omnipotente, al grandioso JESUS que reina y reinará por los siglos de los siglos, AMEN.

✚ A mis padres por el apoyo que me dieron, a mi esposo por permanecer a mi lado.

✚ A mis tutoras Mayda Ulloa Carcassés y María Isabel García de la Cruz, por haber creído en mí siempre, por su gran apoyo incondicional y por su aporte científico en este trabajo.

✚ Agradezco en especial a mis pastores Mabelis Breffe, Lionel Rodríguez y a toda su familia por siempre estar conmigo en los momentos de alegría y de tristeza.

✚ Agradezco a todos mis compañeros de aula en especial a Taillana, Yurina, Ana, Reinier, Carlos, Víctor, Lizander, Ismel, Iosnel, Eliseidis etc...a mi compañera y profesora Lianeyis Aguilera y las técnicas del laboratorio Yanisleidis Alpajón y Mirian Rodríguez.

✚ Al colectivo de profesores del departamento de minería en especial al profesor Roberto Watson por su apoyo en mis primeros años de estudio, a todos los expertos de la UB Minera de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, a mis vecinos y a todos los que de una forma u otra, aportaron a la realización de este trabajo.

✚ En especial al gobierno cubano por darme la posibilidad de formarme como digna Ingeniera de Minas.

## **PENSAMIENTO**

**“ES UN HECHO QUE EL HOMBRE TIENE QUE  
CONTROLAR LA CIENCIA Y CHEQUEAR  
OCASIONALMENTE EL AVANCE DE LA  
TECNOLOGÍA”.**

Thomas Henry Huxley

## **RESUMEN**

En los últimos años la producción de níquel en Cuba ha tenido una tendencia a la fluctuación debido principalmente a la iniciativa del aumento de la producción y eficiencia en las operaciones de la mina de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, en la cual el material que no pasa por el proceso de beneficio es llevado a depósitos llamados escombreras, estas se han podido identificar como Pasivos Ambientales Mineros (PAM), ya que constituyen un riesgo permanente para la salud de la población y el medio circundante, sin embargo, en la empresa en materia ambiental no se ha realizado un estudio integrado del impacto negativo de los Pasivos Ambientales Mineros. El objetivo de esta investigación consistió en evaluar los PAM de la mina de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara para determinar los riesgos ambientales y elaborar medidas de mitigación. Como parte del trabajo, se analizaron los principales aspectos relacionados con la caracterización de los Pasivos Ambientales Mineros (PAM), se determinaron los principales impactos ambientales y los valores de probabilidad de ocurrencia de los mismos. Como principal conclusión se obtuvo que la evaluación ambiental de los PAM permite elaborar medidas para disminuir la probabilidad de ocurrencia de efectos negativos.

**Palabras claves:** Pasivos ambientales mineros, impactos ambientales, probabilidades de ocurrencia, medidas de mitigación.

## **ABSTRACT**

In the last years the nickel production in Cuba has had a tendency to the fluctuation mainly to the initiative of the increase of the production and efficiency in the operations of the mine of the Commanding Company Ernesto Che Guevara, in which the material that doesn't go by the process of benefit is taken to deposits called rubbish dumps, these they have been able to identify as Environmental Passive Miners (PAM), since they constitute a permanent risk for the population's health and the surrounding mean, however, in the company in environmental matter has not been carried out an integrated study of the negative impact of the Environmental Passive Miners. The objective of this investigation consisted on evaluate the PAM of the mine of the Commanding Company Ernesto Che Guevara to determine the enviromentals risks and elaborate measures of mitigation. As part of the work, the main aspects related with the characterization of the Environmental Passive Miners (PAM) were analyzed, the environmental main impacts and the values of probability of occurrence of the same ones were determined. As main conclusion it was obtained that the environmental evaluation of PAM allows to elaborate measures to diminish the probability of occurrence of negative effects.

**Words key:** Environmental passive miners, environmental impacts, occurrence probabilities, mitigation measures.

## ÍNDICE

### Tabla de contenido

ÍNDICE .....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	4
1.1 Actualidad del tema .....	4
1.2 Trabajos precedentes relacionados con la temática.....	6
1.3 Fundamentos legales de la investigación .....	9
CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	14
2.1 Ubicación geográfica de la fábrica Ernesto Che Guevara .....	14
2.2 Breve características geológicas de los yacimientos de la concesión minera.....	15
2.3 Yacimiento Punta Gorda.....	15
2.4 Yacimiento Yagrumaje Norte .....	16
2.5 Yacimiento Yagrumaje Sur.....	17
2.6 Yacimiento Yagrumaje Oeste .....	19
2.7 Yacimiento Camarioca Este.....	19
2.8 Proceso tecnológico de la Unidad Básica de la mina .....	20
CAPITULO III. EVALUACION DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS .....	26
3.1 Inventarización de los PAM.....	26
3.2 Caracterización de los PAM.....	31
3.2.1 Caracterización del material vertido en las escombreras .....	32
3.2.3 Características generales del entorno .....	33
3.2.4 Evaluacion preliminar de impactos ambientales y/o peligros para bienes y personas .....	34
<b>3.2.5 Caracterización de los impactos o peligros ambientales con probabilidad de ocurrencia alta.....</b>	<b>41</b>
3.2.6 Medidas de mitigación de impactos .....	41
CONCLUSIONES.....	43
RECOMENDACIONES.....	44
BIBLIOGRAFÍA .....	45
ANEXO.....	47



## INTRODUCCIÓN

La explotación de los yacimientos minerales se realiza con el fin de poner a disposición de la humanidad las materias primas necesarias para el desarrollo económico de cualquier país. La explotación de yacimientos mineros en Iberoamérica es una actividad que data de hace varios siglos, siendo milenaria en la Península Ibérica. En su origen se utilizaban métodos rudimentarios para extraer los minerales desde ricas vetas de oro, plata y cobre. Con el desarrollo industrial los procesos se fueron tecnificando hasta llegar a los sofisticados procedimientos que se aplican hoy en día. Como consecuencia de esta actividad minera, y también minero-industrial, en la mayoría de los países quedaron numerosas minas e instalaciones en estado de abandono sin que se hayan sometido a un proceso adecuado de cierre, lo que ha significado que en la actualidad haya muchos lugares en los que se presentan escenarios de riesgo para la seguridad y salud de las personas y para el medio ambiente. Se hace necesario, o cuando menos aconsejable, que se tomen medidas para enfrentar esta amenaza para la salud y el medio ambiente, dando pasos para la solución o mitigación del riesgo, desde el inventariado y caracterización de los sitios mineros abandonados, pasando por la evaluación del riesgo que entrañan, hasta la propuesta de medidas de remediación o, al menos, mitigación de tales amenazas (Adasme y otros, 2010).

En este contexto, las imprecisiones y carencias de marcos legales que orienten el accionar frente a los pasivos y la consiguiente identificación global de estos, la priorización en cuanto a la necesidad de atención inmediata, la imputación de responsabilidades, así como los costos del saneamiento de los parajes y recursos naturales, han postergado y retrasado acciones por parte de todos los agentes involucrados en el tema, esto es la industria, gobierno y comunidades, muy a pesar de que los problemas en torno a las antiguas operaciones mineras es conocido y aceptado en la mayoría de los países en los cuales además se reconoce que los pasivos generan actitudes negativas por parte de la población y condiciona la aceptación social de la minería (Yupari, 2002).

En Cuba, desde hace más de 50 años se explotan yacimientos lateríticos cuya materia prima es procesada actualmente en dos plantas con tecnologías diferentes de procesamiento; una a través de carbonato amoniacal y la otra por

acidificación. En los últimos años la producción de níquel en Cuba ha tenido una tendencia a la fluctuación debido principalmente a la iniciativa del aumento de la producción y eficiencia en las operaciones de la mina de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, en la cual el material que no pasa por el proceso de beneficio es llevado a depósitos llamados escombreras, éstas se han podido identificar como Pasivos Ambientales Mineros (PAM), ya que constituyen un riesgo permanente para la salud de la población y el medio circundante, sin embargo, en la empresa en materia ambiental no se ha realizado un estudio integrado del impacto negativo de los Pasivos Ambientales Mineros(PAM), lo cual, constituye una insuficiencia que justifica como **problema** a resolver “la necesidad de realizar la evaluación ambiental de los PAM de la mina de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara”.

Partiendo del problema anterior, se identifica como **objeto de estudio** la evaluación ambiental de los pasivos ambientales mineros y como **campo de acción**, los PAM de la mina de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

**El objetivo general** del trabajo es: Evaluar los PAM de la mina de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara para determinar los riesgos ambientales y elaborar medidas de mitigación.

**La hipótesis** que sustenta esta investigación plantea que: Si se inventarizan, y caracterizan los PAM y se identifican los impactos ambientales y /o peligros ambientales que producen se pueden evaluar los PAM de la mina de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara y proponer medidas de mitigación.

### **Objetivos específicos**

1. Inventariar y caracterizar los PAM de la mina de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.
2. Identificar los impactos ambientales y/o peligros ambientales producto de los PAM.
3. Elaborar propuestas de remediación de los PAM.

Para el cumplimiento de los objetivos previstos se aplicarán métodos teóricos y empíricos de la investigación científica. Entre los métodos empíricos se

aplicaran los siguientes:

- Observación: Para de manera consciente y planificada, percibir visualmente los impactos sobre el medio ambiente.
- Revisión de documentos: Herramienta principal para la búsqueda de la información más actualizada de lo que estamos investigando.
- Entrevistas: Por su aporte en el dominio de la materia de medio ambiente, para proponer medidas de mitigación.

Dentro de los métodos teóricos:

1. Método histórico-lógico: Permite el estudio de la situación ambiental de la empresa para establecer los fundamentos teóricos del proceso objeto de estudio.
2. El análisis-síntesis: utilizado para desglosar el problema en sus partes esenciales y sintetizar e incorporar los aportes del conocimiento científico.
3. La integración-deducción: Es la acción que permite interpretar los resultados para luego establecer conclusiones.

Las etapas metodológicas de la investigación se muestran en el gráfico siguiente:

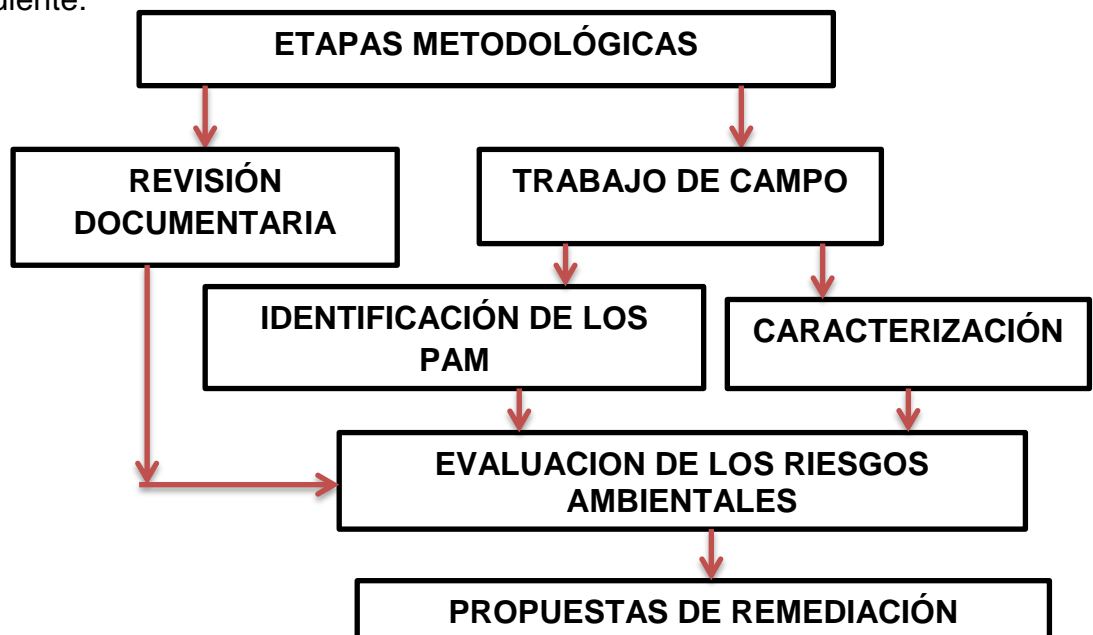


Gráfico 1. Etapas metodológicas de la investigación.

# **CAPÍTULO I. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1 Actualidad del tema**

En América latina, países como Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México y Uruguay disponen de programas institucionales y algunas bases normativas orientados a la identificación, caracterización, evaluación y remediación de áreas contaminadas por medio de la RLASC (Red latinoamericana de prevención y sitios contaminados) La iniciativa de crear una red latinoamericana surgió en el marco de la cooperación técnica Brasil-Alemania. Desde 1993, la GTZ (Agencia Alemana de Cooperación Técnica) viene apoyando a CETESB (Compañía de Tecnología de Saneamiento Ambiental del Estado de São Paulo) en la elaboración y perfeccionamiento de un sistema de gestión de áreas contaminadas.

El programa para la Gestión Ambiental de Sitios Contaminados, desarrollado en Argentina, tiene por objeto realizar acciones tendientes a identificar, sistematizar, calificar, cuantificar y posteriormente remediar y recuperar los sitios contaminados de diversa naturaleza pudiendo incluir áreas mineras, sin embargo su énfasis es a residuos peligrosos.( Arango ,2011)

Otros países de América Latina como Bolivia, México, Perú y Chile han realizado avances en la definición y manejo de pasivos ambientales mineros. Estos son primero legislativos, aunque también se han empezado a elaborar inventarios de sitios contaminados.

En Bolivia de acuerdo con la Ley Nro. 1333- Ley de Medio Ambiente, un Pasivo ambiental es el conjunto de impactos negativos perjudiciales para la salud y/o el medio ambiente, ocasionado por determinadas obras y actividades existentes en un determinado período de tiempo y los problemas ambientales en general no solucionados por determinadas obras o actividades en ejecución. En México los pasivos ambientales se definen como: “aquellos sitios contaminados por la liberación de materiales o residuos peligrosos que no fueron remediados oportunamente para impedir la dispersión de contaminantes, pero que implican una obligación de remediación. En esta definición se incluye la contaminación generada por una emergencia. La definición de pasivo ambiental elaborada en México cobija también a los PAM.

El informe preliminar “Inventarios de Pasivos Ambientales Mineros” (Ministerio de Energía y Minas Dirección General de Minería, Perú, 2006) define como Pasivo Ambiental Minero “todas las instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonadas o inactivas y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad”

En Colombia no hay una legislación para evaluar los PAM pero se han propuesto las siguientes definiciones:

- Se denomina PAM a la obligación de incurrir en un gasto por una persona como consecuencia de una responsabilidad cuantificable económicamente, causada por actividades mineras inactivas o abandonadas que generan un riesgo para la salud y el patrimonio.
- Se entiende por PAM “la obligación económica causada por un daño ambiental generado por actividades mineras inactivas o abandonadas que pone en riesgo la calidad de vida, el ecosistema, bienes públicos o privados (Aramburo,2011).

Como se puede analizar uno de los problemas principales de la temática de los PAM es que no existe una definición única de estos entre los diferentes países, por lo cual, en este trabajo se toma como referente la definición de PAM del Ministerio de Energía y Minas, Dirección General de Minería, Perú. (2006): Los Pasivos Ambientales Mineros son todas las instalaciones, efluentes, emisiones, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras, en la actualidad abandonadas o inactivas y que constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad”.

Las actividades de las obras civiles o mineras a cielo abierto o subterráneas producen una gran cantidad de materiales de descarte que es necesario almacenar en lugares adecuados, planeando su ubicación en zonas económicas y en condiciones especiales en lo que se refiere a su estabilidad, seguridad e integración con el entorno y que no presenten problemas de contaminación. Estas rocas estériles procedentes de la cobertura de las operaciones de obras se depositan generalmente como fragmentos gruesos en

montones son las denominadas escombreras, estas constituyen un riesgo potencial para la población, la salud y el ecosistema.

## **1.2 Trabajos precedentes relacionados con la temática**

Las primeras investigaciones sobre los escombros lateríticos de la región de Mayarí-Punta Gorda, se desarrollaron en el Centro de Investigaciones Metalúrgicas (CIME), estos estuvieron dirigidos fundamentalmente, al estudio de los yacimientos niquelíferos de Pinares de Mayarí y Martí con vista a la obtención de concentrados de hierro para la producción de arrabio y aceros.

De manera centralizada se acometan acciones para el rescate de los pasivos mineros. Se plantea que es a nivel de territorio, en primera instancia, donde deben emprenderse acciones para la rehabilitación de éstos, rescatándolos en función de sus necesidades y con los recursos financieros, materiales y humanos disponibles en los mismos.

Esta no es una problemática nueva, ni exclusiva de Cuba, por el contrario, a partir de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo realizada en Río de Janeiro, Brasil, en 1992 y del surgimiento de la Agenda 21 en 1993, cobra auge, las acciones por la búsqueda de soluciones a esa "deuda" con el entorno.

La Comisión Nacional de Medio Ambiente de Chile, en un documento emitido en noviembre de 1998, denominado "Hacerse cargo del Pasivo Ambiental" plantea de manera clara la política o línea de trabajo que se requiere: "La participación ciudadana es una herramienta muy útil para identificar casos de pasivos ambientales, permitiendo establecer prioridades de solución y definiciones respecto a los beneficios sociales a ser solventados por el estado. Por último la participación ciudadana sería la encargada de evaluar la respuesta a las acciones de reparación emprendidas"

Dada la existencia en cada territorio de una representación a ese nivel de las entidades que intervienen en el planeamiento de la localidad, se facilita la labor restando sólo coordinar las acciones por parte del gobierno municipal.

Dentro de los límites del municipio Arroyo Naranjo, de la provincia de La Habana se han localizado 15 áreas degradadas por la minería. La actividad extractiva fundamental la constituyó la explotación de canteras de áridos para

la construcción, marga para recebo y de material de relleno para obras viales principalmente. Algunas de esas extracciones se remontan a las décadas del 30 y 40 del pasado siglo. (Fernández, 2011)

En estudios ejecutados en la Cantera “Los Guaos” de la provincia de Santiago de Cuba, Montes de Oca y Ulloa (2013), realizaron una evaluación preliminar de las áreas dañadas por la minería. En el área perteneciente al pasivo ambiental, el principal problema que fue identificado es la inestabilidad de los taludes. En las escombreras se evidencian grandes procesos erosivos y la propagación de polvo a la atmósfera, en estas al igual que en las superficies de extracción de minerales, se evidencian procesos erosivos intensos con formación de surcos, cárcavas y deslizamientos provocando la contaminación de las aguas de los ríos y sus efluentes. El efecto de la erosión tiene carácter temporal en estas superficies. Las superficies ocupadas por residuales mineros son áreas que están afectadas por la contaminación del suelo producto de la deposición de materiales de los procesos mineros.

Finalmente, en esta evaluación preliminar se realizó un estudio preciso de la información disponible sobre todos los aspectos que pueden condicionar la recuperación de las zonas minadas, entre los que se pueden mencionar la topografía, la geología, los usos del suelo, las redes de comunicación, la flora, la fauna, etc...lo que propició la evaluación de la degradación.

Fuentes (2004), presenta una metodología para la realización práctica de la proyección y formación de escombrera en el sistema de minería por bancos en la empresa Ernesto Che Guevara, así como, las normas y procedimientos ambientales que requieren las escombreras y sus impactos al medio.

Matos (2003), efectúa una evaluación de peligrosidad y riesgos a partir de identificación de los tipos de movimientos que ocurren en el Yacimiento Punta Gorda, caracterización ingeniero geológica de los taludes y factores que influyen en la inestabilidad de estos, pero no propone en su trabajo medidas para su mitigación.

Silega (2012) realiza una evaluación de estabilidad en las escombreras de la mina de la Empresa Ernesto Che Guevara, donde plantea que varias de las zonas de donde están ubicadas algunas escombreras son potencialmente

inestables debido a la acción de los agentes de intemperismo que provocan una significativa erosión.(Foto 1.1)



Foto 1.1 Acción de los agentes de intemperismo de la escombrera Q-58 ubicada en el Yacimiento Yagrumaje Norte

En su investigación la autora manifiesta que en algunas de las observaciones realizadas a las demás escombreras activas existentes en la Mina de la empresa Ernesto Che Guevara se concluye que estas presentan deficiencias en su conformación provocando inestabilidad superficial, producto a esto, ellas son vulnerables a la ocurrencia de deslizamientos, lo que constituye un riesgo potencial para el ecosistema circundante y la sociedad, por lo cual en este trabajo se realizara una evaluación ambiental de los PAM existentes en la mina de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara. Las escombreras constituyen un riesgo sobre el medio que circundan al no ser tratadas adecuadamente desde el punto de vista ambiental.

En conclusión, el análisis de los trabajos referenciados anteriormente, le proporcionan a esta investigación, la fundamentación científica necesaria para la ejecución del trabajo. Estos autores no tuvieron en cuenta lo relacionado con el manejo ambiental de los PAM, así como tampoco, los procedimientos para la conformación y rehabilitación de las escombreras.



En este trabajo se realiza el inventario de los PAM de la mina de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara, se valora la probabilidad de ocurrencia del impacto y la propuesta de medidas para la mitigación de los impactos que producen.

Para realizar la evaluación ambiental de los PAM se utilizó la metodología de la Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos (ASGMI, 2010), recogida en el Manual para el inventario de los Pasivos Ambientales Mineros, que consta de las siguientes etapas:

- Inventarización de los PAM: se realiza un inventario para su identificación, ubicación y caracterización.
- Caracterización de los PAM se realiza como base para establecer el nivel de riesgo de cada una de ellas a través de los peligros e impactos visibles en una primera aproximación.
- Evaluación preliminar de los impactos y/o riesgos ambientales que producen: en esta etapa se clarifican los PAM en función de la categorización relativa al nivel de riesgo.
- Elaboración de la propuesta de remediación: en función de esta última etapa se proponen las medidas de mitigación.

### **1.3 Fundamentos legales de la investigación**

Cuba insertada en el concierto internacional de naciones que trabajan por un mejoramiento económico ha elaborado su Estrategia Ambiental, la Ley Marco del Medio Ambiente y otras regulaciones legislativas.

Para abordar esta temática se considera imprescindible acudir a la Ley No. 81 del Medio Ambiente aprobada en la Asamblea Nacional del Poder Popular de fecha 11 de Julio de 1997. En el Capítulo II se recogen los conceptos básicos: Evaluación de impacto ambiental y Estudio de impacto ambiental.

La ley plantea que, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es el procedimiento que tiene por objeto evitar o mitigar la generación de efectos ambientales indeseables que serían la consecuencia de planes, programas y proyectos de obras o actividades, mediante la estimación previa de las modificaciones del ambiente que traerían consigo tales obras o actividades y según proceda la denegación de la licencia necesaria para realizarlos o su

concesión bajo ciertas condiciones. Incluye una información detallada sobre el sistema de monitoreo y control para asegurar su cumplimiento y las medidas de mitigación que deben ser consideradas.

Además, recoge que el Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) es la descripción pormenorizada de las características de un proyecto de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo incluyendo su tecnología y que se presenta para su aprobación en el marco del proceso de evaluación de impacto ambiental. Debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación del impacto ambiental del proyecto y describir las acciones que se ejecutarán para impedir o minimizar los efectos adversos, así como el programa de monitoreo que se adoptará.

En la misma Ley, en su título tercero, Instrumentos de la Política y la Gestión Ambiental, se recoge en el Capítulo IV sobre la Evaluación de Impacto Ambiental los siguientes artículos:

**a) Artículo 27** El proceso de Evaluación de Impacto ambiental comprende:

a) La solicitud de licencia ambiental

b) El estudio de impacto ambiental en los casos en que proceda.

c) La evaluación propiamente dicha, a cargo del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA).

Sobre las Autoridades responsables del proceso de Evaluación Ambiental el Artículo 8 expone que son autoridades responsables, en el sistema del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, para la ejecución del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental; el Centro de Inspección y Control Ambiental perteneciente a la Oficina de Regulación Ambiental y Seguridad Nuclear y las Delegaciones Territoriales de este Ministerio.

La autoridad responsable, previo análisis de las solicitudes presentadas, determina para cuáles proyectos de obras o actividades se requiere la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental, sobre la base de considerar, entre otros, los aspectos siguientes:

- a) Riesgos para la salud de la población, debidos a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones, residuos, niveles de ruido, vibraciones mecánicas y otros factores físicos.
- b) Efectos adversos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales y sobre la integridad de los ecosistemas.
- c) Reasentamiento de comunidades humanas o alteración de sus sistemas de vida y costumbres.
- d) Localización próxima a poblaciones, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectadas, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar la obra o realizar la actividad.
- e) Alteración del valor paisajístico y turístico de una zona.
- f) Alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.
- g) Resultados de las consultas públicas realizadas.
- h) Soluciones ambientales que aporta el proyecto.
- i) Riesgos ambientales debidos a la ocurrencia de accidentes.
- j) Obras para reducir la vulnerabilidad ante el cambio climático y otros efectos adversos como consecuencia de la ocurrencia de fenómenos naturales.

Por otra parte, el Artículo 27 recoge que, el titular del proyecto asume los costos de la realización del Estudio de Impacto Ambiental, de la aplicación de las medidas que se deriven del mismo, así como del programa de monitoreo para el control de los impactos identificados.

El Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) ha establecido los Lineamientos básicos para la realización de los estudios de impacto ambiental. Estos lineamientos tienen como objetivo proveer de una serie de elementos claves a tener en cuenta por las instituciones que realizan los estudios de impacto ambiental. El estudio del impacto ambiental es un medio para estudiar la relación de un proyecto o actividad con su entorno natural y socioeconómico y cumplirá con los siguientes objetivos principales:

- Asegurar que hayan sido considerados todos los factores ambientales de importancia sobre los cuales determinadas acciones del proyecto ejercen su influencia.
- Hacer posible la comparación de los efectos ambientales de las diferentes alternativas de un proyecto.
- Proveer de un formato que establezca de manera uniforme, los resultados del estudio sistemático y la evaluación interdisciplinaria de los proyectos o actividades o de sus alternativas.
- Identificar y evaluar los impactos ambientales a corto, mediano y largo plazo de cada alternativa.
- Identificar y evaluar impactos ambientales secundarios o indirectos.
- Identificar y evaluar aquellos impactos donde puedan existir interacciones no lineales tales como: umbrales en el efecto de contaminantes, problemas de estabilidad, sinérgicos, etc.
- Identificar y establecer las medidas preventivas, correctoras, de restauración y control.
- Identificar los impactos residuales y sus costos ambientales.
- Promover la participación de la población, entidades estatales y otros grupos interesados en la toma de decisiones.

El primer aspecto a tener en cuenta es la necesaria identificación de impactos. Los impactos ambientales son aspectos positivos o negativos que se producen en el medio ambiente por el hombre, es decir, daños ocasionados por el hombre.

Existen diferentes métodos para la Evaluación de Impacto Ambiental dentro de los que se destacan los sistemas de red y gráficos, sistemas cartográficos, métodos basados en indicadores, métodos cuantitativos, entre otros.

El sistema de red y gráficos es el más utilizado en Cuba. Para su realización es necesario definir las acciones en las diferentes fases de construcción, explotación y cierre del proyecto de inversión que se estudie, así como los factores del medio potencialmente impactados.

Otra normativa importante en cuanto a la evaluación de impactos, lo constituye la Resolución 132/2009, Reglamento de Evaluación de Impacto, que derogó la Resolución 168/1999. Esta resolución recoge de forma explícita el procedimiento de EIA y el contenido de los EsIA.

Es importante señalar que aún no existe en el país un aparato legal que regule el tratamiento de los PAM, aunque se vienen desarrollando algunas investigaciones como los de García et al (2010, 2012 y 2013) y Martorell (2010) Fernández (2011) y Fuentes (2013) que proponen como recomendaciones de sus trabajos la necesidad de elaborar y poner en vigencia el aparato legal que permita reglamentar lo relacionado con la gestión ambiental de los PAM (conservación, recuperación y/o rehabilitación y reutilización)

## CAPÍTULO II. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

### 2.1 Ubicación geográfica de la fábrica Ernesto Che Guevara

El área de ubicación de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara se encuentra al norte del yacimiento mineral de Punta Gorda, ubicado en la provincia de Holguín, en la costa norte, entre los ríos Moa y Yagrumaje, a 4km de la Ciudad de Moa y a 2 km del pueblo de Punta Gorda y forma parte del macizo montañoso de Sagua – Moa – Baracoa (Figura 2).

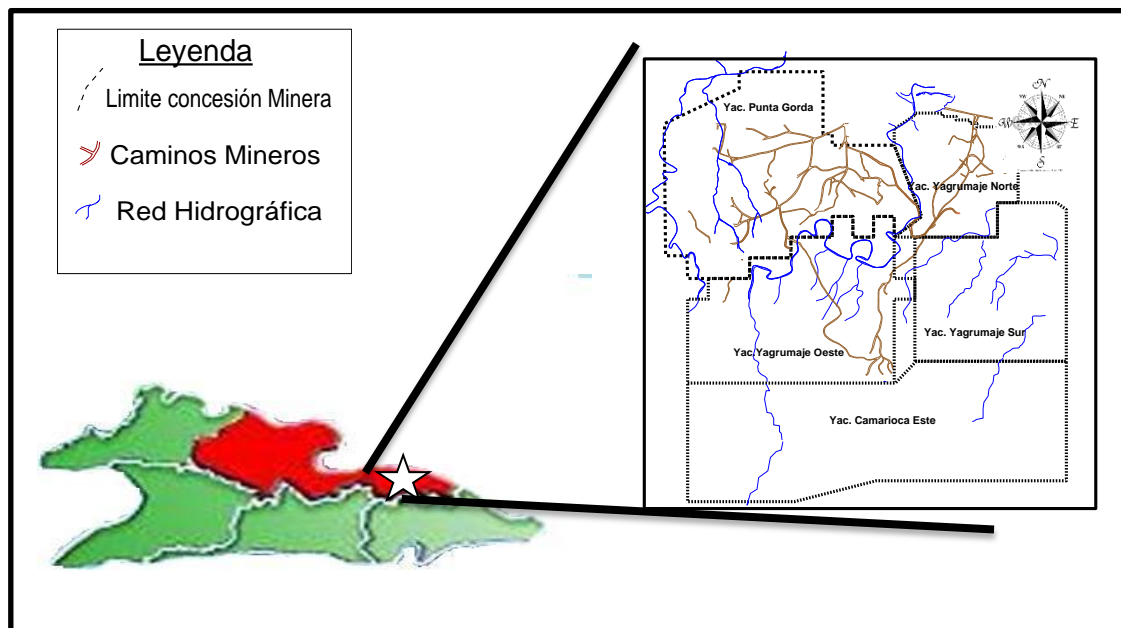


Figura 2.1 Plano de la ubicación geográfica de la base minera de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara

### Relieve

El relieve de la zona se caracteriza por su inclinación hacia el Norte con rangos de pendientes variables y desmembrado en tres sectores por valles muy profundos, correspondientes a las áreas íter fluviales Moa-Lirios-Yagrumaje, que se caracterizan por las formas aplanadas con cañadas y valles formados en el período de peniplanización con los desniveles relativos del relieve que oscilan entre 70 y 110 m, siendo las cotas absolutas de (0-185) metros.

### Clima

El clima de la región es tropical, la temperatura media anual es aproximadamente 27<sup>0</sup>C, siendo en el verano de 30 <sup>0</sup>C a 32<sup>0</sup>C y en el invierno

de 22 °C a 26 °C. En el año hay dos períodos de lluvia, correspondientes a los meses Mayo-Junio y Octubre-Diciembre; y dos períodos de seca Febrero-Abril es de 1 700- 1 800 mm al año.

## 2.2 Breves características geológicas de los yacimientos de la concesión minera

La concesión minera de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara está constituida por los siguientes yacimientos: Punta Gorda, Yagrumaje Norte, Yagrumaje Sur y Camarioca Este, ya que el Yacimiento Yagrumaje Oeste pasó a formar parte de la Concesión Minera de la Empresa Comandante Pedro Sotto Alba por decisión de la máxima dirección del país. (Figura 2 y Anexo 3)

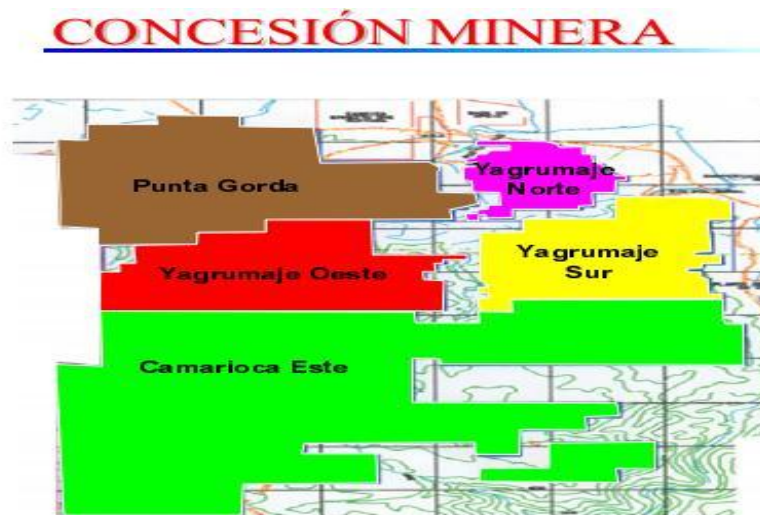


Figura 2. Ubicación geográfica de la concesión minera de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara

## 2.3 Yacimiento Punta Gorda

El yacimiento Punta Gorda está situado al Noreste del municipio de Moa en la Provincia de Holguín. Ubicándose dentro de los límites del macizo montañoso de Sagua-Moa-Baracoa. El área está limitada por las coordenadas del Sistema Lambert siguientes:

$$X = 699\ 800 - 704\ 100$$

$$Y = 218\ 600 - 221\ 900$$

Las coordenadas geográficas que a continuación se exponen:

$$Y = 20^{\circ} 38' 2''$$

X = 74 o 52' 8"

Presentando además los siguientes límites naturales: Al Norte por las aguas del Océano Atlántico, al Sur la línea convencional que lo separa del yacimiento Yagrumaje Oeste, al Oeste el yacimiento Moa Oriental, al Este las elevaciones que constituyen la línea divisoria de las aguas del Río Yagrumaje.

Las rocas que componen este depósito mineral están representadas por el complejo del corte ofiolítico, el complejo ultramáfico metamorizado compuesto por las peridotitas y las serpentinas, y el complejo cumulativo formado por gabros olivínicos y plagiogranitos. Como representante del complejo ofiolítico en el contacto del yacimiento Punta Gorda y por su abundancia, tiene los siguientes tipos de rocas: serpentinitas apoharzburgíticas y harzburgitas serpentinizadas. Las mismas se desarrollan en todo el yacimiento y a ellas se asocian la masa fundamental de la mineralización.

En su mayoría estas constituyen rocas estériles de colores gris verdoso a verde con tonalidades amarillas caracterizadas por un alto contenido de sílice y magnesio y bajos contenidos de níquel y hierro. Desde el punto de vista mineralógico las fases predominantes para estas rocas la constituyen los minerales de serpentina (78%) y los minerales arcillosos (10%). Predominan las fases de geothita-hematita y gibbsita, granulométricamente la fase predominante es la aleurolítica, aunque la psamítica también es abundante. Estos tipos rocosos originan la mayor parte de la corteza friable productiva del Yacimiento Punta Gorda. Como representante del complejo ofiolítico en el contacto del yacimiento Punta Gorda y por su abundancia, tiene los siguientes tipos de rocas: serpentinitas apoharzburgíticas y harzburgitas serpentinizadas. Las mismas se desarrollan en todo el yacimiento y a ellas se asocian la masa fundamental de la mineralización. En su mayoría estas constituyen rocas estériles de colores gris verdoso a verde con tonalidades amarillas caracterizadas por un alto contenido de sílice y magnesio y bajos contenidos de níquel y hierro.

#### **2.4 Yacimiento Yagrumaje Norte**

El yacimiento se encuentra situado al Este de la fábrica, tiene un área general de 2,5 km<sup>2</sup> con forma bastante regular de dimensiones de 1.8 km de largo y



1.4 km de ancho, ubicándose en una meseta aplanada al norte del Río Yagrumaje. Este yacimiento tiene una inclinación de sur a norte desde las cotas (100-110 m) hasta (20-40 m). La diferencia de las cotas absolutas dentro de los límites del yacimiento explorados es de 88 m (variando de 108-20 m).

El yacimiento se caracteriza por poseer una amplia distribución de las aguas subterráneas, las cuales se encuentran asociadas en lo fundamental, al horizonte de las serpentinas serolitizadas y nontronizadas en diferentes grados de alteración, las que están muy agrietadas; aunque también existen aguas subterráneas asociadas al horizonte de los ocreos inestructurales con perdigones y a las grietas tectónicas. Dentro del área del yacimiento las aguas escurren en tres direcciones principales: al Norte, Sur y Oeste. El relieve se caracteriza por ser una meseta con una inclinación suave hacia la Norte del yacimiento de un 6%, El horizonte en la zona de desintegración de las ultrabásicas carbonatadas resulta prácticamente impermeable.

La mayor acumulación de aguas subterráneas se encuentra en la parte Norte del yacimiento, en las cercanías del poblado de Punta Gorda, hacia donde fluye una buena parte de la que se infiltra en la parte Sur de la meseta. También en el flanco Oeste en los bloques Q-57, Q-58, P-57 y P-58 existen acumulaciones significativas de aguas subterráneas, las que dan lugar a la formación de dos arroyos intermitentes. La fuente de alimentación del manto freático, son las precipitaciones atmosféricas que se producen en la región, las cuales se infiltran con facilidad debido al relieve suave cubierto por una gruesa capa de grava que limita el escurrimiento superficial, dando como resultado que esta agua acumulada en la capa de grava pase lentamente a los horizontes inferiores.

## **2.5 Yacimiento Yagrumaje Sur**

Este se encuentra situado al sur de la fábrica, a una distancia de unos 4 km y ocupa un área de 3.65 km. Las rocas que lo componen están representadas por ultrabasitas serpentinizadas de la asociación ofiolítica que en su conjunto está compuesta por rocas del complejo ultramáfico, máfico y vulcano - sedimentario, mientras que el complejo de diques de diabasas está muy mal

representado. Las secuencias pertenecientes a la asociación ofiolítica están representadas por los complejos siguientes:

1. Una zona de harzburgitas con texturas de tectonitas.
2. Una zona de harzburgitas que contienen principalmente cuerpos de dunita, peridotitas impregnadas (con plagioclasas y clinopiroxenos), sills de gabros, diques de gabros y pegmatoides gabroicos; así como cuerpos de cromitas (esta zona correspondería a la denominada Moho Transition Zone).
3. Una zona de gabros, los cuales presentan en la base un gran desarrollo de gabros bandeados (gabros olivínicos, gabronoritas).
4. El complejo vulcano-sedimentario.

El complejo ultramáfico aflora en toda la porción central y meridional del macizo y está constituido predominantemente por harzburgitas y subordinadamente dunitas, lherzolitas y piroxenitas, las cuales se caracterizan por presentar un color verde oscuro o gris verdoso, un grado de serpentización variable y por un alto agrietamiento, a causa de procesos dinamo-metamórficos durante la elevación y emplazamiento de las grandes masas peridotíticas a la superficie en presencia de agua. Sobre estas rocas se forman relieves muy variados en dependencia del nivel hipsométrico que ocupan, condicionando el desarrollo de la corteza de meteorización.

El complejo máfico está representado por gabros olivínicos, gabro-noritas, anortositas y gabros normales de diferentes granulometrías. Los cuerpos de gabro tienen una estructura de grandes bloques y la mayoría se disponen en las zonas periféricas del complejo ultramáfico. Las aguas superficiales y subterráneas según se aprecian corren de las zonas más elevadas topográficamente ubicadas en la parte Sur y central del yacimiento, dando origen a pequeños arroyos. Mineralógicamente están caracterizadas por minerales arcillosos, goethita- hematita, minerales de serpentina y gibbsita. Sobre otros tipos rocosos (gabros, plagiogranitas, anfibolitas y plagioclasitas), se desarrollan corteza de intemperismo no productivas para hierro, níquel y cobalto. Químicamente son rocas con buen contenido de hierro y níquel pero los valores de SiO<sub>2</sub> y MgO se incrementan más con respecto al horizonte anterior. La potencia de la corteza de intemperismo en Yagrumaje Sur oscila

desde 1 a 40 m, siendo la media de 8 m. Las mayores potencias se observan en la parte central y oriental, ambas siguiendo la dirección Norte - Sur mientras que en la parte Oeste la potencia promedio es de 6,9 m, oscilando desde 1 hasta 32 m.

## **2.6 Yacimiento Yagrumaje Oeste**

Este yacimiento se encuentra situado al Sur de la fábrica, a una distancia de unos 3 km y ocupa un área de 4.36 km<sup>2</sup>. Las rocas que componen el sustrato son representativas del corte ofiolítico. La talquitización 25% y la argilitización son las alteraciones más frecuentes. La corteza de intemperismo presente en esta área es del tipo residual in situ, es más madura que la del yacimiento Yagrumaje Sur, que posee un menor desarrollo en los ocres estructurales.

Es un yacimiento típicamente limonítico, con predominio en su litología de los Ocres inestructurales, a los que se asocian las menas limoníticas balanceadas que son las más representativas.

El río Yagrumaje atraviesa este yacimiento, provocando zonas abruptas en sus riveras; en las demás zonas existen pendientes más suaves de orden del 8 - 12% promedio.

## **2.7 Yacimiento Camarioca Este**

El yacimiento Camarioca Este se ubica al Sur de la fábrica, a aproximadamente cuatro kilómetros en línea recta; abarcando un área total de 19,53 km<sup>2</sup>. Las rocas que componen este yacimiento están representada por rocas de la Asociación Ofiolítica, prevaleciendo en ella los complejos ultramáficos, de gabros y vulcano-sedimentarios, y con menor desarrollo el complejo de diques de diabasas.

Las rocas que conforman su basamento pertenecen a las ofiolitas del cinturón Septentrional, las cuales por sus características petrográficas y químicas están representadas principalmente por cúmulos ultramáficos, donde son más representativas las harzburgitas serpentinizadas y las serpentinitas por harzburgitas, en menor proporción las serpentinitas por dunitas, las serpentinitas por ortopiroxenitas y rocas de alteración por clinopiroxenitas con plagioclasa. Estas son por lo general de color verde con tonalidades que van desde claro a oscuro. Presentan una estructura masiva, constituidas por

ortopiroxenos bastizados, Olivino (relictico o serpentizado), minerales del grupo de la Serpentina (fundamentalmente lizardita, y en menor proporción Crisotilo, Antigorita y Sapolita), que sustituyen parcial o totalmente a los granos de olivino, definiendo en las rocas las texturas predominantes que son la serpentinitica reticular, nodular e hipidiomórfica relictica. Contienen además Óxidos e Hidróxidos de Hierro, y como mena metálica Cromita y Magnetita.

En estudios detallados realizados en este yacimiento se evidencio que existe una corteza con intercalaciones (posibles pequeños diques) de roca gabroidea, muy intemperizadas las cuales fueron detectadas al perforar y muestrear la parte friable de los pozos 206183 y 235639 (de 10.70 a 12.40 m). Por lo general este tipo de corteza se presenta como un material de coloración rojo violáceo, de semiplástico a plástico, con presencia de manganeso y óxido de hierro.

El complejo de rocas ultrabásicas aflora en toda la porción central y meridional del área y está constituido predominantemente por harzburgitas y subordinadamente dunitas, lherzolitas y piroxenitas. Estas rocas se caracterizan por presentar un grado de serpentización variable y un color verde oscuro o gris verdoso y por un alto agrietamiento.

De acuerdo al informe realizado por la Empresa Geominera Oriente, se presenta en el perfil transversal de este yacimiento las siguientes secuencias litológicas:

- 1-.Ocres inestructurales con concreciones de hierro. (OICC)
- 2- Ocres inestructurales sin concreciones de hierro (OISC)
- 3- Ocres estructurales finales (OEF)
- 4- Ocres estructurales iniciales (OEI)
- 5- Serpentinitas desintegradas (SD)

## **2.8 Proceso tecnológico de la Unidad Básica de la mina**

La Unidad Básica Minera está destinada fundamentalmente a suministrar la materia prima a la empresa Comandante Ernesto Che Guevara que cuenta con un esquema tecnológico basado en la lixiviación carbonato amoniacal del mineral reducido o proceso Caron. Inició sus operaciones mineras en 1985, con

la explotación de los minerales del yacimiento Punta Gorda, con producciones anuales hasta el año 1996 entre 1.5 a 2.3 millones. A partir del año 1997 hasta la fecha se incrementó a 3.0 - 3.8 millones de toneladas de mineral minado. Para dar cumplimiento a su objeto social desarrolla las actividades que aparecen a continuación:

**a) Desarrollo geológico:** Tiene como objetivo fundamental, la evaluación de los recursos minerales, con la finalidad de utilizarlos como materia prima ya sea a corto, medio o largo plazo. En la etapa de desarrollo se determinan los parámetros fundamentales del mineral y del yacimiento, que servirán de base para la planificación de la extracción y su procesamiento industrial. El desarrollo geológico con la perforación y muestreo se desarrolla en:

- ✚ Red de 400 x 400 m ó de 300 x 300 m en las áreas con perspectiva de la corteza de intemperismo. Con esta exploración preliminar se determinan las zonas que tienen posibilidades de continuarse.
- ✚ Red 100 x 100 m, que da un contorno más preciso al cuerpo mineral, así como una evaluación más exacta del volumen y las características del mineral.
- ✚ Red de 33,33 x 33,33 m, (red de explotación): permite hacer la planificación y la extracción a corto plazo, ya que aporta los datos necesarios de volumen y contenido, así como los contactos por el techo y el fondo del cuerpo mineral, el nivel del manto freático, la presencia de intercalaciones y otros datos.
- ✚ Red complementaria de 16 x 16 m, se realiza para determinar el contacto por el techo del mineral y en determinados casos para el fondo, actualmente esta red se está sustituyendo por una de 23.5 x 23.5 con la que definen ambos contactos.

Estos trabajos se realizan contratados a las empresas de la Unión Geólogo Minera que están categorizadas para los servicios geológicos.

**b) Preparación minera:** Es el conjunto de trabajos mineros a realizar para que la extracción y el transporte se ejecuten con la mejor calidad y eficiencia. A continuación se describen las actividades que se realizan según su orden de ejecución:

- **Desbroce:** consiste en la eliminación de la capa de suelo y la vegetación y la modelación del terreno para que puedan entrar al área los equipos para el destape, se ejecuta con buldócer KOMATSU D85E. Esta fase es de gran importancia tanto para los trabajos de destape, como para la preservación del medio ambiente. En su ejecución y planificación hay que tener en cuenta los siguientes aspectos:

El material desbrozado, tiene que conservarse para cubrir la última capa de las escombreras, debido a su contenido de materia orgánica que servirá como sustento a la vegetación en la rehabilitación minera.

El terreno debe quedar en las mejores condiciones para el movimiento de los equipos que realizarán el destape. Solamente se desbrozará el área que se va a destapar de inmediato.

- **Destape:** es la labor de la Preparación Minera, que requiere de un mayor volumen de trabajo, y consiste en el corte y traslado del horizonte superior (escombro) del cuerpo mineral que por su bajo contenido de níquel y cobalto, no resulta económico enviarlo al proceso. Para realizar el mismo pueden ser utilizados una serie de equipos, que su elección está determinada por las exigencias de calidad del trabajo, potencia de la capa de escombro, relieve, distancia de transportación, etc.

Actualmente los equipos más usados en estos yacimientos son las retroexcavadoras hidráulicas R974, R984, 800-H5, EC-460, excavadoras de arrastre ESH5/45 (dragalinas), camiones articulados A40D. En algunas zonas de los yacimientos se utilizan mototraíllas de brigadas contratadas a empresas de la construcción.

Las escombreras a partir del año 2012 se deben ejecutar según el Manual de Procedimientos (Anexo 1) vigente en la mina, lo cual no siempre se ha podido lograr, lo que constituye una deficiencia importante.

A continuación se presentan aspectos que determinan la calidad en su ejecución:

- a) Las escombreras deben ubicarse fundamentalmente en los espacios minados o donde no hay mineral y conformarse por tipo de mena y lo más plana posible.

- b) Los puntos de unión con el mineral deben ser fáciles de limpiar al extraer el mismo.
- c) Seguir la línea de contacto entre el escombros y el mineral, para reducir las pérdidas y el empobrecimiento.
- d) El personal de operación y control debe tener la calificación requerida y que la planificación sea correcta.
- e) Lograr mantener un adelanto no menor de seis meses, con respecto a los trabajos de la minería.

Los caminos principales tienen una vida relativamente larga, transportan la masa minera desde los frentes mineros a los puntos de recepción, sirven a varios frentes de minería y deben cumplir con los requisitos siguientes:

- ✚ Construirlos fundamentalmente sobre las escombreras inactivas o zonas no mineralizadas.
- ✚ Tener pocas curvas y lo más amplias posibles en concordancia con el relieve (alineación horizontal).
- ✚ Soportar el peso de los equipos, sin sufrir deformaciones tanto en tiempo seco como húmedo, con pendientes inferiores a las que puedan sortear estos cargados.
- ✚ Tener adherencia y poca resistencia a la rodadura, buena compactación, drenaje y terminación de la rasante.
- ✚ Ancho en función del tamaño, velocidad y densidad de flujo de los equipos.
- ✚ El costo de ejecución y mantenimiento debe ser mínimo.
- ✚ Los caminos secundarios sólo sirven a uno o dos frentes mineros y tienen que cumplir con los requisitos siguientes:
  - ✚ Seguir el flujo o planificación de la extracción del mineral.
  - ✚ Ser lo más planos y estables posible, no deben de contaminar el mineral.
  - ✚ Permitir el paso de las excavadoras y el giro de los camiones.
- **Construcción de los caminos mineros:** garantiza el transporte del mineral hasta la planta o el punto de recepción de mineral. Los caminos se clasifican en principales o secundarios de acuerdo para el uso a que estén destinados. Los caminos principales tienen una vida relativamente larga,

transportan la masa minera desde los frentes mineros a los puntos de recepción y sirven a varios frentes de minería.

- **Montajes de líneas eléctricas:** para el abastecimiento de energía a los frentes de minería e infraestructuras mineras tienen que ser diseñadas de acuerdo a la estrategia de minera.
- **Drenaje:** por las condiciones hidrogeológicas difíciles de estos yacimientos, es muy necesario reducir la humedad del mineral y evitar las pérdidas del mismo alojado en los fondos de los frentes mineros. La efectividad del drenaje depende de factores naturales tales como la transmisibilidad del cuerpo mineral, el relieve, las características de la zona de alimentación y régimen de lluvia, así como la configuración del fondo del mineral.
- **Extracción y transporte del mineral:** Es la actividad fundamental de la mina, por lo cual todos los trabajos mineros están encaminados a que esta se realice exitosamente, pero a la vez la extracción y el transporte de los minerales están subordinados a las exigencias del proceso industrial y a las condiciones naturales del yacimiento, por lo que se precisa de un punto de recepción, beneficio y homogeneización que equilibre las fluctuaciones en los volúmenes y la calidad del mineral procedente de los frentes de minería, el cual en la práctica no existe como tal, pues el existente no cumple con los requisitos necesarios.

Actualmente estas operaciones se hacen con dragalinas modelo ESH 5/45, retroexcavadoras marca VOLVO y LIEBHERR, modelos EC - 650 y R - 974 y R - 984 y camiones articulados VOLVO A - 40D. El mineral se transporta hasta depósitos intermedios, clasificados por los diferentes tipos de minerales y con un proceso tecnológico, a prueba en su implementación, para secarlo antes de alimentarlo a los puntos de recepción y trituración de mineral y al proceso metalúrgico.

- ✚ La extracción se realiza con dragalinas ESH - 5/45 con un alcance de 36,7 m y una profundidad de corte máxima de 22 m, lo que se adapta bastante a las condiciones de potencia de los yacimientos en explotación, no así a la complejidad del cuerpo mineral lo que conduce a pérdidas y empobrecimiento. La introducción de retroexcavadoras hidráulicas modelos R974, R984, 800 - H5, 460, ha



permitido la extracción en zonas donde existen intercalaciones de gabros o bloques flotantes y en áreas con condiciones hidrogeológicas difíciles. Esta actividad debe de cumplir con los requisitos siguientes:

- ✚ Conocimiento previo de las características geológicas y mineralógicas del área de extracción.
  - ✚ Buena calificación del personal de operación y control de la extracción y transporte mineral.
  - ✚ Cumplir la planificación provocando el mínimo de pérdidas, el empobrecimiento y que la calidad del mineral oscile en los valores promedio planificados por etapas.
  - ✚ Evitar que queden reservas aisladas y produzca el drenaje natural del área.
  - ✚ Condiciones de trabajo seguras para los equipos y lograr adecuada proporción entre las de arranque y carga y transporte.
- **Punto de Recepción y Trituración de mineral:** El mineral procedente de la mina se deposita en dos tolvas, las cuales están provistas de una criba fija en la parte superior y de un alimentador de placas en la parte inferior. De las tolvas pasa a la criba vibratoria donde es separado en dos fracciones más de 100 y menos 100 mm. Las fracciones más 100 pasan a una trituradora de martillo donde son reducidas a menos 40 mm que se unen nuevamente con las fracciones menos 100 mm. Las fracciones más 100 pasan a una trituradora de martillo donde son reducidas a menos 40 mm que se unen nuevamente con las fracciones menos 100 mm. A través de los transportadores de bandas No.1 - A y B, el mineral pasa al transportador No.2, el cual mediante el transportador reversible No.3, pasa a los transportadores No.4-A o B, los que depositan el mineral en las galerías, desde donde mediante el uso de grúas de puentes es almacenado o enviado directamente a secaderos.

## **CAPITULO III. EVALUACION DE LOS PASIVOS AMBIENTALES MINEROS**

En la mina de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara, durante el proceso minero se generan materiales, denominados escombros, que no pasan por el proceso de beneficio, debido que no cumplen con los parámetros de calidad exigidos por la planta. Estos escombros se almacenan en depósitos denominados escombreras.

En la concesión minera de la empresa Ernesto Che Guevara, actualmente existen 22 escombrera, de las cuales, algunas se encuentran activas, otras inactivas, diferenciadas y reforestadas., que fueron conformadas desde el 2009 hasta el 2015.

### **3.1 Inventarización de los PAM**

Para la inventarización de los PAM se efectuó un recorrido con los técnicos mineros de la mina, por los diferentes yacimientos que componen la concesión para realizar una evaluación preliminar de las escombreras. Se visitaron cada una de las áreas donde estaban ubicadas las escombreras y se logró su respectivo inventario.

Como resultado de este recorrido, se determinó no estudiar todas las escombreras de la concesión en esta investigación, por el gran volumen de documentos a procesar y la limitación del tiempo establecido para la realización y entrega del trabajo de diploma.

Se seleccionaron 4 escombreras atendiendo a que sus características generalizan las diferentes condiciones de las restantes escombreras de la mina. Se tomaron en cuenta:

- ✚ Ubicación en el área de la concesión.
- ✚ Criterio de conformación de las mismas.
- ✚ Estado de actividad y conservación.
- ✚ Presencia de peligros y riesgos ambientales.

Las escombreras seleccionadas fueron: En el yacimiento Punta Gorda, la S-48 y la QR-52; en el yacimiento Yagrumaje Norte, la Q-58; y en el yacimiento Yagrumaje Sur, la K-62.

Para el inventario de cada una de las escombreras seleccionadas, se elaboraron fichas (Tabla 3.1-3.4), que recogen los siguientes aspectos:

- ✚ Nombre de la escombrera.
- ✚ Ubicación de las escombreras
- ✚ Mapa topográfico
- ✚ Accesibilidad
- ✚ Tipo de residuos

Tabla 3.1 Ficha técnica de la escombrera Q-58

Número de escombrera	<input type="text" value="Escombrera Q-58"/>		
Ubicación	<b>X:</b>	<input type="text" value="801 634.31 – 802 125.40"/>	
	<b>Y:</b>	<input type="text" value="301 106.22- 302 300.56"/>	
Mapa Topográfico	Escala:	<input type="text" value="1:500"/>	
Accesibilidad	Con vehículo:	<input checked="" type="checkbox"/>	A pie: <input type="checkbox"/> Inaccesible: <input type="checkbox"/>
Tipo de residuo	Escombro:	<input checked="" type="checkbox"/>	
Color	Carmelita claro:	<input type="checkbox"/>	Pardo oscuro: <input checked="" type="checkbox"/>



Foto 3.1. Escombrera Q-58 perteneciente al yacimiento Yagrumaje Norte

Tabla 3.2 Ficha técnica de la escombrera K - 62

Número de escombrera	<input type="text" value="Escombrera K - 62"/>		
Ubicación	X:	<input type="text" value="800 111.12 - 802 201.58"/>	
	Y:	<input type="text" value="301 458.41- 304 560.25"/>	
Mapa Topográfico	Escala:	<input type="text" value="1:500"/>	
Accesibilidad	Con vehículo:	<input checked="" type="checkbox"/> si	Inaccesible: <input type="checkbox"/>
Tipo de residuo	Escombro:	<input checked="" type="checkbox"/>	
Color	Carmelita claro:	<input type="checkbox"/>	Pardo oscuro: <input type="checkbox"/>

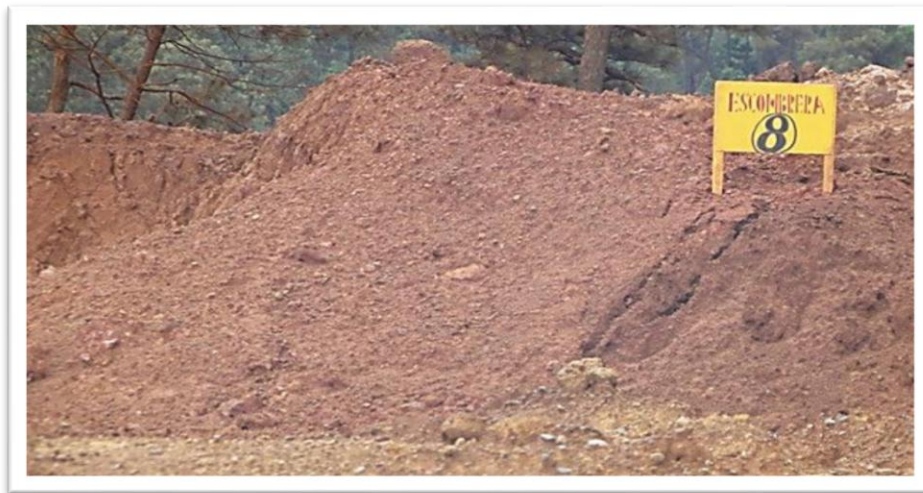


Foto 3.2. Escombrera K-62 perteneciente al yacimiento Yagrumaje Sur

Tabla 3.3 Ficha técnica de la escombrera QR - 52

Número de escombrera	<input type="text" value="Escombrera QR-52"/>		
Ubicación	X:	<input type="text" value="702 961.444 - 703 132.482"/>	
	Y:	<input type="text" value="220 209.874 - 220 675.5"/>	
Mapa Topográfico	Escala:	<input type="text" value="1:500"/>	
Accesibilidad	Con vehículo:	<input checked="" type="checkbox"/> si	A pie: <input type="checkbox"/> Inaccesible: <input type="checkbox"/>
Tipo de residuo	Escombros:	<input checked="" type="checkbox"/> X	
Color	Carmelita claro:	<input checked="" type="checkbox"/> X	Pardo oscuro: <input type="checkbox"/>



Foto 3.3 Escombrera QR - 52 perteneciente al yacimiento Punta Gorda

Tabla 3.4 Ficha técnica de la escombrera S - 48

Número de escombrera	<input type="text" value="Escombrera S - 48"/>		
Ubicación	X:	<input type="text" value="701 734.322-701 925.725"/>	
	Y:	<input type="text" value="220 753.656 -220 863.400"/>	
Mapa Topográfico	Escala:	<input type="text" value="1:500"/>	
Accesibilidad	Con vehículo:	<input checked="" type="checkbox"/> si	A pie: <input type="checkbox"/> Inaccesible: <input type="checkbox"/>
Tipo de residuo	Escombros:	<input checked="" type="checkbox"/> x	
Color	Carmelita claro:	<input type="checkbox"/>	Pardo oscuro: <input checked="" type="checkbox"/> x



Foto 3.4 Escombrera S- 48 perteneciente al yacimiento Punta Gorda

### 3.2 Caracterización de los PAM

Generalmente los escombros lateríticos son suelos o materiales rocosos muy triturados, meteorizados, que pueden, por sus propiedades y características físico - mecánicas ser considerados como suelo.

El área estudiada de las escombreras se caracteriza por presentar un relieve bastante regular y poco accidentado con pendientes suaves. Al contrario de los bordes donde ha habido un alto grado de erosión producto a las abundantes precipitaciones, las mismas son depósitos artificiales producto al destape de los yacimientos que están en explotación.

Estas escombreras llevan un proceso de preparación desde la base, en lugares ya minados, hasta su deposición que se realiza por equipos mineros y luego su reforestación, con vegetación típica de estos yacimientos.

Estos depósitos tienden a tener características diferentes en cuanto a los contenidos de los elementos presentes y a la geomorfología en comparación cuando se encontraban en el yacimiento *in situ*.

En su totalidad, existen escombreras pequeñas, medianas y grandes, la mayor parte están dañadas por las fuertes lluvias que han provocado la erosión del material superficial que se encuentran en los bordes de las mismas, hacia zonas más bajas y con ocurrencia de cárcavas profundas ocasionadas por las aguas superficiales y la acción de los agentes de intemperismo, lo cual provoca la ocurrencia de deslizamiento del material por el borde de los taludes (Foto 3.5 y Anexo 1)

Todo el escombro vertido en la escombrera del yacimiento Punta Gorda se caracteriza por ser un material arcilloso-granuloso representado por concreciones ferruginosas en forma de guisantes, los espacios entre dichas concreciones están rellenas por un componente ocroso u ocroso- arcilloso.

En el yacimiento Yagrumaje Norte el escombro está constituido por un material deleznable, granuloso representado por concreciones ferruginosas en forma de coraza.



Foto 3.5 . Acción de los agentes de intemperismo en la escombrera Q-58

El escombros del yacimiento Yagrumaje Sur se define como un material suelto, de color carmelita claro, sin dejar de señalar que en algunos lugares es más rojizo. Las menas FF y LF se distribuyen en todas las litologías.

### 3.2.1 Caracterización del material vertido en las escombreras

El escombros superior en los yacimientos existentes dentro de la concesión minera de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara está clasificado en tres tipos de menas fundamentales: (Tabla 3.5).

Tabla 3.5 Condiciones de las menas del horizonte de

Horizonte	Tipo de mena	Nomenclatura	Contenido de Ni (%)	Contenido de Fe (%)
ESCOMBRO	Laterita niquelífera fuera de Balance	LF	Ni $\geq 0.7 < 0.9$	Fe $\geq 35$
	Ferrosa de balance	FB	Ni $< 0.7$	Fe $\geq 30$
	Ferrosa fuera de balance	FF	Ni $< 0.7$	Fe $\geq 20 < 30$



- ✚ Menas lateritas fuera de balance (LF): Se caracterizan por ser menas de muy alto contenido de  $Fe_2O_3$  que las menas lateríticas de balance.
- ✚ Menas ferrosas de balance (FB): Estas contiene mayor parte de  $Fe_2O_3$  que las menas lateríticas fuera de balance pero el  $Al_2O_3$  en las menas ferrosas fuera de balance la ubica como la mayor concentración de este elemento para las diferentes zonas.
- ✚ Menas ferrosas fuera de balance (FF): Estas contienen mayor parte de  $Fe_2O_3$  que las menas ferrosas de balance y alto contenido de  $Al_2O_3$ .

Las propiedades físico - mecánicas del escombros se muestran en la Tabla 3.6

Tabla 3.6 Propiedades físico- mecánicas del escombros

Propiedades Físico-Mecánicas	Yacimientos			
	Yacimiento Punta Gorda	Yacimiento Yagrumaje Norte	Yacimiento Yagrumaje Oeste	Yacimiento Yagrumaje Sur
Humedad natural (%)	-	19.29	21.1	38.9
Peso volumétrico húmedo (t/m <sup>3</sup> )	2.08	1.83	1.98	1.99
Peso volumétrico seco (t/m <sup>3</sup> )	1.62	1.47	1.55	1.45
Coefficiente de porosidad	-	2.54	0.45	-
Coefficiente de saturación	-	-	-	0.17
Peso específico (t/m <sup>3</sup> )	3.6 - 3.8	3.96	0.93	3.80
Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.90	1.34	1.34	6.60
Angulo de fricción interna (°)	18 – 20	21.7	-	38.25

### 3.2.3 Características generales del entorno

La flora de la región se ha desarrollado sobre los suelos derivados de las rocas ultra básicas serpentinizadas, las cuales tienen abundantes elementos pesados

y altas concentraciones de MgO y SiO<sub>2</sub> y son muy pobres en CaCO<sub>3</sub>, por lo que la flora está constituida por plantas que se han ido adaptando a este medio a través de su evolución, tomando características muy particulares, llegando a alcanzar el 33 % de las plantas endémicas del país. (Tabla 3.7)

Tabla 3.7 Especies florísticas más abundante en la zona

Nombre científico	Nombre común
<i>Acrosynanthus revoluta</i>	Jaragua
<i>Bactris cabrenses</i>	Pajuá
<i>Bonnetia cubensis</i>	Manguillo
<i>Calophyllum utile</i>	Ocuje Colorado
<i>Cameraria latifolia</i>	Maboa de Montaña
<i>Carapa guianensis</i>	Nagesí
<i>Cecropia peltata</i>	Yagruma
<i>Chimarrhis cymosa</i>	Hilacho
<i>Clusia rosea</i>	Cupey
<i>Crotus moensis</i>	s/n
<i>Cyathea arborea</i>	Helecho Arborescente
<i>Diocymophanx morotonii</i>	Yagruma Macho
<i>Dracena Cubensis</i>	Dracena
<i>Euphorbia helenae</i>	Jazmín de pinar
<i>Garcinia polyneura</i>	Manajú Cimarrón
<i>Garcinia revoluta</i>	Manajú
<i>Gutteria brainii</i>	Purio Fangar

Respecto a la fauna, se reportan cuatro especies invasoras, todas son de mamíferos: Perro Jíbaro (*Canis lupus familiaris* L.), Gato Jíbaro (*Felis silvestris catus* L), Ratón Doméstico (*Mus musculus*L.) y Rata Negra (*Rattus rattus* L)

Dentro del área ha sido localizada una especie invasora por los trabajadores, no reportada por los especialistas: el puerco cimarrón (*Sus scrofa*).

### 3.3 Evaluación preliminar de impactos ambientales y/o peligros para bienes y personas

En el Inventario, solo se registra una primera estimación de la probabilidad de que ocurra un impacto ambiental o peligro, puesto que el análisis de las consecuencias, y por tanto de los riesgos de un PAM, debe realizarse mediante un procedimiento metodológico más complejo, que requiere una observación más precisa de los procesos que tienen lugar en cada uno de

ellos, y el análisis de la probabilidad de ocurrencia y de las consecuencias que pueden tener sobre la seguridad y salud de las personas, o sobre el medio ambiente.


En la primera parte se determina la probabilidad de ocurrencia de un determinado suceso y posteriormente se caracterizan los mismos.

El valor de la probabilidad de ocurrencia se estimó según el Manual de la ASGMI y se exponen en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8 Probabilidad de ocurrencia de los impactos de las escombreras

Probabilidad	Valor	Criterio de juicio
Nula	0	No puede ocurrir
Baja	1	Quizas no ocurra
Mediana	2	Posiblemente ocurra
Alta	3	Seguramente ocurra o ha ocurrido

Partiendo de la definición de PAN se escogieron para la valoración, los siguientes sucesos:

 Impactos ambientales

La minería, especialmente la que se desarrolla a cielo abierto, genera cambios substanciales en las formas del relieve, por la formación de escombreras y excavación de huecos, lo que causa la destrucción de la cubierta vegetal y el suelo, o pone en marcha procesos de degradación del mismo.

El ambiente biológico es completamente destruido, o radicalmente modificado, al menos durante el tiempo en el que se realizan labores mineras. En ausencia de acciones de remediación o rehabilitación, muchos de estos efectos que se convierten en impactos ambientales, se perpetúan como cicatrices en el paisaje o como procesos dinámicos que continúan afectando al entorno.

 Procesos geodinámicas presentes en el entorno.

Por el hecho de producirse en un área minera, estos procesos pueden tener consecuencias distintas a las que tendrían en un terreno natural inalterado, viéndose en ocasiones inducidos o facilitados. Las escombreras producen superficies topográficas nuevas, diferentes a la original. Si la topografía original era estable o estaba en equilibrio con el medio natural, las nuevas formas generadas por la actividad minera no lo son, unas en mayor medida que otras según el lugar. Las nuevas formas artificiales generan cambios en el flujo interno y externo del agua, modificando el funcionamiento natural de los procesos de desplazamiento de materiales

#### ✚ Problemas de seguridad a las personas.

Los problemas de seguridad son muy diversos. Algunos de ellos están relacionados con la presencia de posibles desniveles verticales, o de gran pendiente originados por la altura de las escombreras. Otros elementos de riesgo son los taludes inestables que pueden romperse instantáneamente, así como los puntos donde se producen desprendimientos y caída de rocas.

Los valores de la probabilidad correspondiente a cada tipo de impacto, proceso o problema de seguridad se reflejan en las tablas 3.9 - 3.12. y fueron determinados a través de tormenta de ideas por la autora de este trabajo y expertos de la UB Minera

Tabla 3.9 Probabilidad de ocurrencia de los impactos ambientales y/o peligros de la escombrera Q- 58

	<b>Valor de la probabilidad</b>	<b>Criterio de juicio</b>
<b>Impactos ambientales</b>		
Contaminación de las aguas	3	Seguramente ocurra o ha ocurrido
Generación de polvo	3	Seguramente ocurra o ha ocurrido
Degradación de la cubierta vegetal	3	Seguramente ocurra o ha ocurrido
Arrastre de residuos a otras áreas	3	Seguramente ocurra o ha ocurrido
<b>Procesos geodinámicas presentes en el entorno</b>		
Movimientos en masa	2	Posiblemente ocurra
Inundación	2	Posiblemente ocurra
Erosión	3	Seguramente ocurra o ha ocurrido
<b>Problema de seguridad a las personas</b>		
Caídas de taludes	3	Seguramente ocurra o ha ocurrido
Deslizamientos de máquinas por los taludes	2	Posiblemente ocurra

Tabla 3.10 Valores de probabilidad de ocurrencia de los impactos ambientales de la escombrera K - 62

	<b>Valor de la probabilidad</b>	<b>Criterio de juicio</b>
<b>Impactos ambientales</b>		
Contaminación de las aguas	3	Seguramente ocurra o ha ocurrido
Generación de polvo	3	Seguramente ocurra o ha ocurrido
Degradación de la cubierta vegetal	3	Seguramente ocurra o ha ocurrido
Arrastre de residuos a otras áreas	1	Quizás no ocurra
<b>Procesos geodinámicas presentes en el entorno</b>		
Movimientos en masa	2	Posiblemente ocurra
Inundación	2	Posiblemente ocurra
Erosión	3	Seguramente ocurra o ha ocurrido
<b>Problema de seguridad a las personas</b>		
Caídas de taludes	0	No puede ocurrir
Deslizamientos de máquinas por los taludes	0	No puede ocurrir

Tabla 3.11 Valores de probabilidad de ocurrencia de los impactos ambientales de la escombrera QR - 52

	<b>Valor de la probabilidad</b>	<b>Criterio de juicio</b>
<b>Impactos ambientales</b>		
Contaminación de las aguas	1	Quizás no ocurra
Generación de polvo	3	Seguramente ocurra o ha ocurrido
Degradación de la cubierta vegetal	3	Seguramente ocurra o ha ocurrido
Arrastre de residuos a otras áreas	2	Posiblemente ocurra
<b>Procesos geodinámicas presentes en el entorno</b>		
Movimientos en masa	2	Posiblemente ocurra
Inundación	2	Posiblemente ocurra
Erosión	3	Seguramente ocurra o ha ocurrido
<b>Problema de seguridad a las personas</b>		
Caídas de taludes	3	Seguramente ocurra o ha ocurrido
Deslizamientos de máquinas por los taludes	2	Posiblemente ocurra

Tabla 3.12 Valores de probabilidad de ocurrencia de los impactos ambientales de la escombrera S – 48

	<b>Valor de la probabilidad</b>	<b>Criterio de juicio</b>
<b>Impactos ambientales</b>		
Contaminación de las aguas	2	Posiblemente ocurra
Generación de polvo	3	Seguramente ocurra o ha ocurrido
Degradación de la cubierta vegetal	3	Seguramente ocurra o ha ocurrido
Arrastre de residuos a otras áreas	2	Posiblemente ocurra
<b>Procesos geodinámicas presentes en el entorno</b>		
Movimientos en masa	2	Posiblemente ocurra
Inundación	2	Posiblemente ocurra
Erosión	3	Seguramente ocurra o ha ocurrido
<b>Problema de seguridad a las personas</b>		
Caídas de taludes	3	Seguramente ocurra o ha ocurrido
Deslizamientos de máquinas por los taludes	2	Posiblemente ocurra



### **3.2.5 Caracterización de los impactos o peligros ambientales con probabilidad de ocurrencia alta**

- Generación de polvo: Inevitablemente se generan polvos fugitivos en las escombreras, debido a que quedan en el sitio residuos finos y no aglomerados. La generación de polvo por la acción del viento se confirmó directamente en el momento de la investigación y por medio de huellas de la erosión por la acción del viento en la superficie de las escombreras.
- Degradación de la cubierta vegetal: Durante el periodo de actividad minera, la vegetación y el suelo que la sustentaba sufrieron una destrucción por eliminación física en los lugares donde se desarrollaron labores de desmonte y en el vertido de escombros.
- Erosión: los procesos de erosión hídrica se producen por la pérdida de suelo por cárcavas y arroyaderos que nacen en cabeceras de taludes de frentes o límites de huecos de explotación.

Los procesos de erosión eólica se producen producto a la acción del viento sobre la superficie de las escombreras.

- Caída de Taludes: En las escombreras se producen accidentes de distintos tipos producidos por las máquinas, por la mala conformación de las mismas, por parte de los operadores de los equipos o por acontecimientos naturales tales como lluvias vientos, terremotos etc.

### **3.2.6 Medidas de mitigación de impactos**

Para mitigar los impactos identificados, se elaboraron una serie de medidas que se exponen a continuación:

- Cumplir las indicaciones recogidas en el código 138-PO-1, "Procedimientos para la formación de las escombreras", documento oficial de la UB Minera (Anexo 1), para lograr un diseño y explotación correcta de la misma en cada una de las etapas de su formación.
- Se deben cumplir las etapas de rehabilitación de todas las escombreras para lograr la estabilización física y biológica de las mismas.
- Utilizar plantaciones arbóreo-arbustivas, con ella se pretende reconstituir su homologación con el espacio natural. Se tratará de emplear especies del paisaje natural de la zona. Para ello se deberá efectuar un estudio de

las comunidades vegetales existentes en las proximidades de la zona que se pretende restaurar.

- La vegetalización de la superficie de los taludes de las escombreras no deben de presentar pendientes muy grandes ni escalonadas, ya que esto impide que se disponga de nutrientes a la hora de rehabilitar con los distintos tipos de plantas a utilizar.
- Debe prestarse especial atención a la excavación de zanjas, aperturas de caminos al pie de las escombreras, ya que pueden inducirse deslizamientos importantes.
- Los aspectos de protección frente a la erosión y recubrimiento vegetal hacen necesaria una corrección del perfil de los taludes respecto a los que se forman por simple vertido, dejando preferentemente taludes que tengan relaciones ancho/alto entre 2:1 y 4:1. En estos casos se procurará que los taludes presenten una cierta concavidad (taludes más suaves en la parte baja), y que no superen los 18° de inclinación para tolerar la vegetación prevista, con el límite de unos 26° para la maquinaria usual.
- Efectuar la intersección de las actividades mineras propuestas y los potenciales impactos, es decir a medida que se avance en las etapas de explotación es necesario realizar al mismo tiempo la restauración de los espacios minados que quedan producto al impacto de las actividades de extracción y deposición del material estéril.
- Creación de sistemas de drenaje, generales para la recogida de las aguas externas a la zona, y particulares para cada escombrera o talud importante.
- Reducción de las pendientes de los taludes para disminuir la velocidad y, por tanto, la capacidad erosiva de las láminas de agua, y favorecer al mismo tiempo la implantación de la cubierta vegetal que va a sujetar las tierras.
- Construcción de obras auxiliares de canalización para la protección de la escombrera y los taludes de explotación.
- Construcción de las escombreras en forma de terrazas, con pendiente invertida de un 3%, el espesor del mismo no debe de sobrepasar los 3 metros.

## CONCLUSIONES

1. Si se inventarizan, y caracterizan los PAM y se identifican los impactos ambientales y o peligros ambientales que presentan, se pueden evaluar los PAM de la mina de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara y proponer medidas de mitigación.
2. Las escombreras de la mina de la empresa Ernesto Che Guevara se clasifican como Pasivo Ambiental Minero, debido a que constituyen un riesgo para la salud y los ecosistemas circundante, como lo establece la definición de PAM.
3. Como resultado de la inventarización de los PAM de la mina de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara se visitaron 22 escombreras, de las cuales atendiendo a las características que generalizan las diferentes condiciones del yacimiento se seleccionaron 4 para realizar esta investigación.
4. Para la evaluación de la probabilidad de ocurrencia de los los impactos y/o peligros ambientales producto de los PAM, se escogieron los siguientes sucesos: Impactos ambientales, Procesos geodinámicas presentes en el entorno, Problemas de seguridad a las personas
5. Las medidas de remediación elaboradas permiten minimizar los impactos y/o peligros ambientales presente en las escombreras estudiadas.

## **RECOMENDACIONES**

Realizar una investigación, con mayor grado de profundidad y extensión, de los PAM de la mina de la empresa Ernesto Che Guevara para determinar con mayor exactitud las consecuencias, los riesgos y la probabilidad de ocurrencia de los mismos.


## BIBLIOGRAFÍA

1. Adasme C y otros. (2010) "Manual para el inventario de minas abandonadas o paralizadas.
2. ASGMI (2010). Manual para el inventario de Minas abandonadas o paralizadas. Asociación de Servicios de Geología y Minería Iberoamericanos. 37 pág.
3. Arango M. (2011) "Requerimientos para el diseño de una metodología que permita estimar el valor de pasivos ambientales mineros "Tesis de Grado para optar al título de Maestría en Medio Ambiente y Desarrollo", Medellín 2011.
4. Cartaya P. (2004) "Evaluación de la estabilidad y propuesta de medidas correctoras en los taludes y laderas inestables del camino Punta Gorda-Mina Mercedita". Departamento Minería. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
5. CICA (2001). Guía Metodológica para la realización de la Solicitud de Licencia Ambiental y los estudios de Impacto ambiental. La Habana.
6. CITMA (2009) Resolución 132. Reglamento para la realización de los Estudios de Impacto Ambiental.
7. CITMA (1997) Ley No.81 de Medio Ambiente.
8. Céspedes Y. (2014)" Degradación de los suelos en el municipio Moa. Trabajo en opción al título de Ingeniero Geólogo.
9. Fernández E. (2011)" Rescate de los Pasivos Ambientales de la Minería en función del desarrollo de la comunidad", Municipio Arroyo Naranjo.
10. Fuentes M. (2004) "Proyección y formación de escombrera en el sistema de minería por bancos". Trabajo en opción al título de Especialista en Explotación de Yacimientos Minerales. Departamento de Minería, Instituto Superior Minero Metalúrgico.
11. Fuentes R. (2013). Propuesta de planes de manejo como instrumento para la rehabilitación de canteras abandonadas. Estudio de casos: cantera La Zamora, Matanzas. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Pinar del Rio
12. Gaceta Oficial de la República de Cuba. (1995) Edición ordinaria., Año XCIII. Número 3. Ley de Minas. Asamblea Nacional del Poder Popular.

13. García, M. (2010). La normativa ambiental y la repercusión de conflictos en el desarrollo de la actividad minera. Una aproximación al caso cubano. Libro. Calidad Ambiental y Sostenibilidad, Tomo 1, UAG, (Desarrollo regional y medioambiental problemas y alternativas de gestión sostenible).
14. 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. García, M. et al. (2012). Guía metodológica para la evaluación ambiental de áreas degradadas en minas abandonadas. Contribución a su recuperación para la sostenibilidad local. Oficina Nacional de Recursos Minerales (ONRM) e Instituto de Geografía Tropical. Inédito. La Habana.
16. García M. et al. (2013) Premisas para la evaluación ambiental de áreas degradadas en minas abandonadas. Contribución a su recuperación para la sostenibilidad local. Papers Sustainability . Octubre
17. Matos L. (2003) “Estudio de Evaluación de los Riesgos geológicos en los taludes de los yacimientos lateríticos”. Tesis de Maestría, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
18. Martorell, N. (2010). Estrategia sobre evaluación de los pasivos ambientales mineros en Cuba. Oficina Nacional de Recursos Minerales, (inédito).
19. Montes de Oca A. M. Ulloa. (2013) “Recuperación de áreas dañadas por la minería en la cantera “Los Guaos”, Santiago de Cuba. Información obtenida por vía digital.
20. Rodríguez R. (2000)” Importancia del análisis del medio socioeconómico en el Estudio del Impacto Ambiental, Universidad de Holguín.
21. Silega D. (2012) “Determinación los parámetros de diseño para lograr la estabilidad de taludes de las escombreras en la mina de la empresa Ernesto Che Guevara”. Tesis de maestría en opción al título de Máster en Minería. Departamento de Geología, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.
22. Yupari A (2008)” Informe Pasivos Ambientales Mineros en Sudamérica”

## ANEXO1

### Manual de procedimiento para la formación de las escombreras

 <p><b>NECC</b> PRODUCTORA DE NÍQUEL Y COBALTO EMPRESA CHE GUEVARA</p>	<b>PROCEDIMIENTO PARA LAS FORMACIONES DE LAS ESCOMBRERAS</b>	<b>Código: 138-PO-1</b> <b>Página 47 de 62</b> <b>Revisión: 02</b> <b>Fecha: 04/2012</b>
<p><b>1. Objetivo:</b></p> <p>Establecer las indicaciones necesarias para las formaciones de las escombreras mediante un diseño correcto de la misma en cada una de las etapas de su formación.</p> <p><b>2. Alcance:</b></p> <p>Este procedimiento es aplicable en la UB Minera, en la actividad de Escombreo.</p> <p><b>3. Definiciones:</b></p> <p><b>LF:</b> Mineral laterítico fuera de balance</p> <p><b>4. Anexo:</b></p> <p>No se aplica</p> <p><b>5. Desarrollo:</b></p> <p><b>5.1 Aspectos Generales</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ La creación de condiciones seguras de trabajo en las escombreras.</li><li>➤ Lograr una alta maniobrabilidad y productividad durante el trabajo</li><li>➤ Reducción de las pérdidas de mineral por contaminación de los taludes</li><li>➤ Que las escombreras queden listas para la rehabilitación</li></ul> <p><b>5.1.1 Requisitos para la construcción de escombreras:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Las escombreras tienen que ser lo más plana posible y cubrir toda el área minada con anterioridad, exceptuando los drenajes de las áreas sin minar</li><li>➤ Dejar la última capa de las escombreras con el material mullido, usando para el relleno, siempre que sea posible el material del destape de los primeros metros.</li><li>➤ En las Laderas las escombreras se realizarán en forma de terrazas, con pendiente invertida de un 3%, salvo que no exista otro sitio para depositar el escombros, el espesor del mismo no debe de sobrepasar los 3 metros.</li><li>➤ Se prohíbe, la construcción de escombreras en terrenos inclinados, sobre corteza de gabros meteorizado. En estas condiciones solamente se depositara una capa de relleno de 1 a 2 m, para que se asiente la vegetación.</li></ul>		

- Los minerales con contenidos de Ni y Co, cercano al mínimo industrial (LF), se depositaran en escombreras independientes, o en sectores de las escombreras que sean accesibles.
- Las escombreras que se utilicen como cierre o dique para almacenar agua, tendrán un proyecto específico para cada caso.
- 
- En los bordes inactivos de las escombreras, se dejara un talud cuya pendiente resultante será como mínimo 3:1.

**5.1.2 Requisitos para la formación de escombrera en terreno poco inclinado, a partir del borde del talud del área sin minar.**

- Marcada la zona por donde se comenzará las escombreras, se procede a la descarga del escombro a una distancia no menor de 4 m del borde del talud. Con la ayuda de un Buldócer se empuja el escombro hacia el espacio minado, dejando un montículo de 1.5 a 2 m de altura en el borde, como medida de seguridad.
- Cuando el cuello de la escombrera avanza (7 o 8 m), se comienza a rebajar el relleno, hasta lograr una pendiente de 5:1, lo que se mantendrá hasta llegar a los 3 metros de altura, continuándose plana hasta llegar al extremo del espacio que se le destino.
- Durante la descarga del camión, en la rampa se mantendrá siempre una distancia no menor de 10 m del borde, y cuando se realice en el trayecto plano se acercara hasta que los neumáticos topen en el montículo de escombro del borde la escombrera.
- Luego de finalizada la rampa, se comenzara el relleno masivo, con un banco de 3 m de altura y ancho que permita la maniobra de los camiones, hasta el extremo del área, ampliándose el relleno de 3 m de altura hasta cubrir toda el área disponible, dejando una berma de 5 m en la frontera con la zona sin minar.
- Al comenzar el segundo escalón, se tomaran como punto de partida los bordes de la rampa, dando una diferencia de nivel con respecto al escalón anterior de 3 m, luego se abrirán 2 fronteras en forma de V de 3 m de altura oblicuas a la rampa. Entre ambos frentes se dejara un espacio libre para el acceso de los camiones al primer escalón y realizar la descarga directamente sobre el mismo, la descarga se hará en retirada bulto a bulto, dejando una berma de seguridad de 6 m cuando la frontera de la escombrera sea una área sin minar, o se vaya a dejar como borde inactivo
- Mantener las medidas de seguridad establecida en el Pasaporte para la formación de Escombreras.



**5.1.3 Requisitos para la rehabilitación de las escombreras a partir de su recubrimiento con material del primer horizonte.**

- En el borde opuesto de la escombrera se comenzaran a descargar los camiones depositando el escombros en forma de hilera paralela al borde de la escombrera, la que tendrá un ancho de 4 a 5 bultos; estas hileras se alternaran con otras incompletas, relleno un cuadrado de igual ancho y largo que la las hileras, y dejando entre cada una un espacio sin relleno de igual dimensión que el relleno.
- La escombrera se explanará en 3 etapas:
  - ◆ En la primera etapa se hace una pasada de Buldócer en forma de cruz con la cuchilla a nivel sobre la parte rellena
  - ◆ La segunda etapa se hace una pasada de Buldócer en forma de cruz, halando o empujando el material de forma inclinada hacia la parte que no fue rellena, de tal forma que queden depresiones en el terreno de 20 a 30 cm.
  - ◆ En la tercera etapa se hace una pasada de Buldócer en forma de cruz con la cuchilla a nivel sobre la parte rellena, cuidando de no relleno las depresiones.

**5.1.4 Requisitos para la formación de una escombrera en un terreno inclinado, a partir del borde del talud del área sin minar.**

- Marcar el sitio donde se realizara la escombrera, acondicionando el terreno para que los camiones maniobren sin peligro, luego se procede a la descarga del escombros a una distancia no menor de 4 m del lado del borde del talud, luego con un Buldócer se empuja el escombros hacia el espacio minado, dejando un montículo de 1.5 a 2 m de altura en el borde como medida de seguridad.
- Formado el cuello de la escombrera en uno 7 u 8 m o más se comienza a rebajar el relleno hasta lograr una pendiente de 5:1 que se mantendrá hasta que la altura de la escombrera sea de 3 m del lado de la ladera, continuándola en forma de terraza plana, hasta llegar al extremo del espacio destinado para la escombrera.

- Durante la operación, cuando el camión realice la descarga en la rampa, se mantendrá siempre a una distancia no menor de 10 m del borde, y cuando lo haga en el trayecto plano, se acercara hasta que los neumáticos topen con el montículo de escombros del borde opuesto de la escombrera, en ningún caso lo hará hacia la ladera
- El ancho de la primera terraza será la que determina la pendiente, teniendo una altura máxima de 3 m. Para la construcción de las siguientes terrazas se procederá de forma semejante como se hace en los terrenos planos.

Las terrazas pueden ser levantadas hasta un nivel superior al del punto de partida en el borde del mineral, teniendo una caída hacia el interior de un 3% como mínimo y 6 m la berma entre el borde de una terraza y el pie de la terraza superior, el cual puede ser ampliado si el escombros resulta insuficiente para cubrir toda el área minada.

- La corona de la escombrera se cubrirá con una capa de material mullido del primer horizonte, procediéndose como el caso anterior, si se tratara de un área extensa, o dejando una trinchera en todo el perímetro, a una distancia de 4 a 6 m del borde si el área es pequeña.

#### **5.1.5 Requisitos para la minería y escombros simultaneo en laderas con pendientes.**

Luego de haber extraído el mineral, a una distancia de unos 10 m, en la parte superior se comenzara a depositar el escombros a todo lo largo del área minada desde el borde del banco, explanándose con la ayuda de la Retro-Excavadora o del Buldócer siguiendo la curva de nivel, dejando un espacio sin rellenar de 2 m de ancho, con una distancia de 42 m en el sentido de la pendiente, estos espacios libres serán interrumpidos cada 15 o 20 m con relleno de 4 m continuando la operación hasta conformar una cavidad que sirva como trinchera antierosiva.

**6. Registros.**

No se aplica

**7. Responsabilidades.**

El jefe de operaciones y jefes de turno son los máximos responsables que se cumpla con lo establecido en este procedimiento.

**Plazo de revisión.**

Este procedimiento se revisará cuando las condiciones lo requieran.

**8. Referencias.**

No se aplica

## ANEXO 2.

Vistas generales de las escombreras de la mina de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara.



Mala conformación de las escombreras.



Deficiencia en la rehabilitación.



Pendiente incorrecta de las escombreras



**ANEXO 3.** Composición de la concesión minera de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara

