

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

**TESIS EN OPCIÓN AL TÍTULO
DE
INGENIERO DE MINAS**

Sistema de indicadores minero-ambientales para la explotación responsable de los yacimientos lateríticos de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara

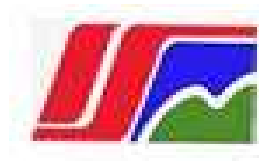
Autor: Yasmany Calá Peraza

Tutores: Lic. Clara Luz Reynaldo Argüelles

M Sc. Julio Montero Matos

Dr. C Rafael Guardado Lacaba

**Curso 2010-2011
Año 53 de la Revolución**



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

Autor: Yasmany Calá Peraza

Tutores: Lic. Clara Luz Reynaldo Argüelles

M Sc. Julio Montero Matos

Dr. C Rafael Guardado Lacaba

Moa, 2011



AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo no hubiera sido posible sin la ayuda desinteresada de muchas personas que dedicaron parte de su precioso tiempo a la complementación de la información necesaria para terminarlo.

Quiero agradecer a

En primer lugar a Dios.

A la Revolución cubana que ha logrado unos de los sistemas educativos más desarrollados del mundo y al cual gratuitamente todos sus ciudadanos tenemos acceso.

A mi tutora Clara Luz Reynaldo Argüelles por haberme guiado en la realización de este trabajo, a mi tutor Julio Montero Matos por darme todo su apoyo y al .Dr.C. Rafael Guardado Lacaba por darme elementos básicos para el culmino de este ejercicio integrador.

A todos los profesores que durante todo este tiempo me trasmitieron sus conocimientos que fueron imprescindibles para la realización de este trabajo, en especial al Dr.C.: Armando Cuesta por preocuparse por la realización de este trabajo.

En especial a mi mismo por demostrarme que cuando uno se da una oportunidad como esta puede lograrlo.



DEDICATORIA

Este Trabajo está dedicado especialmente para todas aquellas personas que siempre me supieron guiar por el camino correcto y a los que siempre creyeron en mí.

ESPECIALMENTE PARA

Mi tutora que en Clara Luz Reynaldo Argüelles que en todo momento estuvo presente y nunca me dijo que cuando la necesite.

Mis Padres Clara Peraza Céspedes y Raúl Calá Trutíe con los cuales he compartido todo en la vida y han sabido orientarme y ayudarme cuando más lo necesité.

Mis familiares tanto los de Matanzas como los de Holguín que siempre me apoyaron en todas las etapas de mis estudios.

Mis amistades tanto los de Matanzas como los de Holguín que me exhortaron a seguir adelante, me dieron todo su apoyo y con los cuales he compartido momentos importantes de la vida.

Para todas esas personas que nunca me dieron la espalda y que estuvieron día tras día me preguntaban por mi tesis y se preocupaban por mí.



PENSAMIENTO



Todos los esfuerzos tienen que conducir al incremento de la productividad del trabajo, a la par que aseguremos el pleno empleo de los recursos laborales, a la reducción de los costos y el aumento de las empresa, en suma a la eficiencia.

No sólo sabremos resistir cualquier agresión sino que sabremos vencer a cualquier agresión y nuevamente no tendríamos otra disyuntiva que aquella con que iniciamos la lucha revolucionaria, la de la libertad o la muerte, sólo que ahora libertad quiere decir patria y la disyuntiva nuestra sería PATRIA O MUERTE."

Fidel Castro Ruz



RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo: Proponer indicadores minero ambientales para la explotación responsable de los yacimientos lateríticos de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara del municipio Moa. La aplicación de estos indicadores minero ambientales traerá consigo un mayor aprovechamiento de las fases del proceso de explotación de yacimientos lateríticos y contribuirá al logro del desarrollo sostenible, resultados que pueden generalizarse en otras empresas de actividades mineras.

En el trabajo se exponen los resultados obtenidos en los análisis de las actividades que se desarrollan dentro de las fases del proceso de explotación de níquel. Se realiza un análisis teórico-conceptual de los términos mineros que facilitan la comprensión del tema de investigación; se explica el funcionamiento técnico de los equipos utilizados; se diagnostican los impactos ambientales ocasionados por la explotación minera y sobre la base del cumplimiento de la Ley 76 de Minas, se proponen indicadores minero ambientales para la explotación responsable de los yacimientos lateríticos.

El trabajo refleja como principal conclusión el cumplimiento del objetivo general, además los estudios y análisis demostraron que la empresa no ha utilizado una política de desarrollo minero responsable. Para finalizar la investigación se proponen una serie de recomendaciones encaminadas a generalizar los resultados obtenidos en aras de gestionar escenarios productivos, recursos minero-ambientales y la tecnología de los yacimientos.



SUMMARY

The Present investigation has its objective: To propose the mining environmental indicators for the responsible exploitation of the Major Ernesto Che Guevara's laterite outcrop company in Moa municipal. The application of these mining environmental indicators will attribute a uses phase of process of exploitation of deposits along lateritic and it will contribute to the achievement of sustainable development, result that can be generalized in another mining activities of the company.

In the investigation it exposes the obtainable result for the activities analysis which developed within the phase process of nickel exploitation. A theoretic conceptual analysis of mining terms that make easy the understanding of fact-finding in the investigation ;it applies the technical functioning of the utilized machines; it diagnosed the environmental impacts results for the mining exploitation and it compliance with law of mining76 ,it exposed the mining environment indicator for the liable exploitation of the lateritic outcrop.

The principal conclusion of the investigation; beside the study demonstrate that the company has not used the political development of the mining responsibilities. Finalizing the investigation it exposed the series of recommendations which guides to obtain a general results that altars productive scenario, environmental mining resources and technological development outcrop.



INDICE

INTRODUCCIÓN	1
<i>CAPITULO I</i>	8
CAPÍTULO I CARACTERIZACION DE LA ACTIVIDAD MINERA EN LA INDUSTRIA CUBANA DEL NIQUEL: UNIDAD BASICA MINERA EMPRESA ERNESTO CHE GUEVARA	9
I.1 Antecedentes de la minería en Cuba	9
I.1.1 Principales regiones mineras en Cuba.....	11
I.2 La industria cubana del níquel	11
I.3 Caracterización de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara	13
I.3.1 Caracterización de la Unidad Básica Minera.....	14
I.3.2 Caracterización del área de estudio	16
I.3.3 Descripción del flujo tecnológico de la Unidad Básica Minera.....	21
I.4 La minería y su impacto	27
I.5 Diagnóstico de los impactos ambientales provocados por la actividad minera al Medio Ambiente.	30
I.6 Bases generales de la legislación minero ambiental	32
<i>CAPITULO II</i>	34
CAPÍTULO II ELEMENTOS METODOLOGICOS PARA LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE INDICADORES MINERO AMBIENTALES	35
II.1 Metodología.....	35
II.1.1 Fase 1: Revisión del estado del arte y de la técnica.....	35
II.1.2 Fase 2: Visitas técnicas de campo y revisión de la gestión minero-ambiental en la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.....	35
II.1.3 Fase 3: Definición del marco contextual del diseño de los indicadores	36
II.1.3.1 Fase 4: Aplicación de los indicadores propuestos al contexto de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara.....	36
<i>CAPITULO III</i>	37
CAPÍTULO III INDICADORES MINERO-AMBIENTALES PARA LA EXPLOTACIÓN RESPONSABLE DE LOS YACIMIENTOS LATERÍTICOS DE LA EMPRESA COMANDANTE ERNESTO CHE GUEVARA	38
III.1 Definición e importancia de los indicadores minero-ambientales	38
III.2 Diagnóstico de los indicadores Unidad Básica Minera: Indicadores de la eficiencia minera.	38



III.3 Indicadores minero-ambientales para la explotación responsable de los yacimientos lateríticos de la empresa comandante Ernesto Che Guevara	39
CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES.....	46
BIBLIOGRAFÍA	47
ANEXOS	50



INTRODUCCIÓN

La minería ha resultado una actividad determinante en el desarrollo de la sociedad. Los minerales componen el 80% de los recursos naturales utilizados a escala mundial para la satisfacción de las necesidades de la humanidad.

La industria minera tiene gran importancia en el desarrollo de la economía de cualquier país, pues la extracción del mineral constituye la base de la materia prima para la industria metalúrgica. De la importancia de la industria extractiva para la vida de la colectividad se deriva el significado científico- social del ingeniero de minas.

La principal fuente de materia prima con que cuenta la región de Moa la constituyen los yacimientos de corteza de intemperismo, distribuidos ampliamente en la región nororiental cubana con las principales reservas de hierro, cobalto y níquel. Existen otros lugares del archipiélago que poseen reservas de diversos minerales pero hasta la actualidad, no son de relevancia económica.

El presente trabajo de diploma surge sobre la base de la **situación problemática siguiente:**

La industria del níquel está llevando a cabo un amplio proceso inversionista y de ampliación, en el cual están inmiscuidas las empresas (Pedro Sotto Alba, René Ramos Latour y Comandante Ernesto Che Guevara) con el objetivo de elevar la productividad del trabajo y la efectividad en la producción, sobre la base de la tecnología y la organización de la producción empleada, con la concepción de producir en todo momento con menores impactos sobre el medio ambiente.

En los últimos años han existido serias dificultades en la producción de la UBM, en actividades como:

- Laboreo, trazado y mantenimiento de los viales mineros.
- Homogenización del mineral.
- Aumento de los costos unitarios y por conceptos de viajes de los camiones.
- Aumento de los costos por concepto de energía.

Uno de los problemas que está enfrentando el proceso minero es la ausencia de indicadores que permitan medir la eficiencia de la actividad en las etapas del laboreo minero para organizar el proceso de explotación. De esta forma se optimiza la utilización del escenario productivo y se pierden menos recursos minerales.



Lo anteriormente expuesto permite declarar como **problema de la investigación**: la inexistencia de indicadores minero-ambientales para la explotación responsable de los yacimientos lateríticos en la Unidad Básica Minera (UBM) de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

La **Hipótesis** se fundamenta en la idea siguiente: si se conocen las características ingeniero – geológicas de la zona de estudio, la tecnología a emplear en los diferentes procesos tecnológicos y el diagnóstico del impacto producido al medio ambiente por las actividades mineras, entonces, se puede proponer indicadores minero- ambientales para la explotación responsable de los yacimientos lateríticos en la Unidad Básica Minera (UBM) de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara.

La investigación tiene como **Objetivo General**: Proponer un sistema de indicadores minero-ambientales que permitan proyectar la explotación racional y responsable de los yacimientos lateríticos en la Unidad Básica Minera (UBM) de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara con un mayor aprovechamiento de las fases del proceso de explotación y que contribuya al logro del desarrollo minero-ambiental sostenible.

Del objetivo general se derivan los **Objetivos Específicos** siguientes:

Realizar el análisis teórico-conceptual del objeto de estudio.

Realizar la caracterización de la situación ingeniero-geológica de los yacimientos y de los principales procesos tecnológicos de la UBM.

Diagnosticar el impacto ambiental producido por las actividades mineras en la UBM.

Proponer indicadores minero ambientales para la explotación responsable de los yacimientos lateríticos de la UBM.

El **objeto de estudio** de la presente investigación es el polígono minero y la explotación de yacimientos lateríticos, y **el campo de acción** lo constituye el sistema de indicadores minero-ambientales.

En cada una de las etapas del Trabajo se aplicaron los **Métodos de Investigación** que a continuación se mencionan:

Del nivel teórico

Histórico-lógico: Para estudiar y valorar cronológicamente la situación geográfica del yacimiento y establecer los fundamentos teóricos del proceso objeto de estudio.



Análisis-síntesis: En el estudio de las actividades mineras a desarrollar en la empresa Comandante Ernesto Che Guevara, sus incidencias en áreas cercanas a los yacimientos y en el establecimiento de las conclusiones para desarrollar el diseño de los indicadores minero ambientales.

Inducción-deducción: Con la finalidad de interpretar los resultados obtenidos en el análisis de los mapas topográficos.

Del nivel empírico

Observación: Para visualizar el área donde se encuentra el yacimiento y los elementos geomorfológicos y topográficos, además para identificar los impactos provocados por las actividades mineras al medio ambiente.

Aporte práctico de la investigación

Proporcionar un sistema indicadores minero ambientales para la explotación responsable de los yacimientos lateríticos de la empresa Comandante Ernesto Che Guevara del municipio Moa, que permitan un mayor aprovechamiento de las fases del proceso de explotación de yacimientos lateríticos y contribuya al logro del desarrollo minero-económico-ambiental sostenible. El Sistema de indicadores aportará además datos referentes a la productividad y rendimiento de los equipos mineros y los resultados pueden generalizarse en otras empresas de actividades mineras.

Estado actual del tema

Es en 1985 donde se comienzan a desarrollar metodologías para la creación de Indicadores ambientales. La Comisión Económica para Europa, (CEPE) de las Naciones Unidas desarrolla en esa fecha, una propuesta de sistema de indicadores medioambientales. También en ese período, los Países Bajos presentaron un sistema con un enfoque político (Vallejo, 2000).

En esta etapa se realiza por parte del gobierno de Canadá una propuesta de metodología para el diseño de indicadores denominada enfoque de estrés, con fines primordiales de identificar las fuentes de problemas ambientales de envergadura global y nacional en dicho país, (Daly, 1990). Por primera vez se establecieron una serie de indicadores representativos del estado del ambiente.

Uno de los primeros trabajos desarrollados en esta temática, ha sido la identificación de indicadores ambientales seleccionados para proporcionar el sustento empírico de los



planes nacionales para la política ambiental (NEPP) en proceso de preparación desde 1989, y de las correspondientes evaluaciones de logros en los Reportes Nacionales sobre el Ambiente (NEO) en los Países Bajos, (Adrianes, 1993) y (Bakkes, 1994).

En 1993 siguiendo las recomendaciones de la SAGE, se creó el Comité Técnico 207 sobre Gestión Ambiental de la ISO para desarrollar normas en las áreas de gestión ambiental, auditoría ambiental, etiquetado ecológico, evaluación del ciclo de vida, términos y definiciones, entre otras, con lo cual se da un importante paso evolutivo para la identificación de Indicadores de Desarrollo Sostenible (IDS). (CEPYS, 2001).

En 1996, Spangenberg realiza nuevos aportes, al introducir el concepto del espacio ambiental y sus implicaciones para los IDS y las correspondientes políticas económico-ecológicas, difundidas en los últimos años en los diseños de IDS sobre Europa Sostenible, [Friends of the Earth Netherlands, (1993); Friends of the Earth Europe, (1995)]. En agosto el DPCSD divulgó un voluminoso compendio, con hojas metodológicas, de indicadores ambientales, preseleccionados en 1995, [UN-CSD (1996)].

Al realizarse la Primera Jornada Iberoamericana sobre Cierre de Minas, en Huelva, España por el subprograma Tecnología Mineral del Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, (CYTED); se señaló la necesidad de crear indicadores que permitan, mejorar la calidad de vida de las comunidades minera, Fernández, (2000).

Un paso importante en el diseño de sistemas de indicadores para la industria minera, lo constituye la metodología propuesta por la Global Reporting Initiative (GRI), para la elaboración de reportes de sostenibilidad sobre las actuaciones económicas, medioambientales y sociales de las empresas mineras, la cual parte de las tres dimensiones del concepto de desarrollo sostenible y establece la necesidad de incorporar los indicadores de sostenibilidad a otras actividades humanas. Un grupo de investigadores de la Escuela de Ingeniería del Ambiente de la Universidad de Surrey en el Reino Unido de la Gran Bretaña, liderado por Azapagic, (2000), propuso un sistema de indicadores para la industria minera; a partir del análisis del ciclo de vida de los minerales, integrado por tres componentes, (impacto ambiental, eficiencia ambiental y acciones voluntarias).

Vargas, y Forero (2000), proponen un sistema de indicadores a partir del estudio y análisis de las condiciones minero-geológicas concretas de yacimientos minerales de Colombia,



con lo cual aplican una metodología que integra las dimensiones del concepto de desarrollo sostenible.

La presentación del informe del 2001 titulado Indicadores de Desarrollo Sostenible, en la reunión del Fórum Económico Mundial, celebrada en Davos, (Suiza), permitió medir a nivel internacional el comportamiento de las empresas utilizando indicadores ambientales, [González, (2002)].

Valencia, (2001), propone un sistemas de indicadores para la minería aurífera de Colombia basado en variables técnicas y económicas, que permiten determinar el estado de esta industria.

En el 2002 se desarrolla la reunión de PRE-RED sobre indicadores de desarrollo sostenible para la industria extractiva, en la Amazonia Oriental, en la localidad de Carajás, Brasil; promovida por CYTED-XIII. En esta ocasión fue aprobada la Declaración de Carajás, que expresa el interés internacional prestado al tema de desarrollo sostenible y su vínculo con la minería y la necesidad de implementar sistemas de indicadores que respondan a los intereses específicos de cada lugar.

Gordillo (2002), propone un sistema de indicadores de sostenibilidad basada en el estudio del proyecto Tambogrande en Perú. Martín, González y Vale, proponen indicadores de sostenibilidad para la minería, donde insertan nuevas variables, tomando en consideración la legislación ambiental y los indicadores de productividad minera.

Si se realiza un análisis de la evolución que ha tenido el diseño metodológico de indicadores de sostenibilidad en el mundo, y se toma como base el compendio elaborado por el Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible, (IISD), el Banco Mundial y las organizaciones anteriormente citadas en este acápite, se aprecia que hasta 1999, aparecen reconocidas en todo el mundo, 124 iniciativas diferentes de sistemas de indicadores ambientales de sustentabilidad. Si se le agregan 4 iniciativas más reportadas en los últimos 2 años, por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos y por la OCDE, tenemos 129 en total, lo cual brinda una idea general del desarrollo y evolución que esta temática ha tenido.

En Cuba existen investigaciones que han intentado introducir modos de conservación de la naturaleza y su entorno, a través de la aplicación de instrumentos económicos para la protección del medio ambiente. Sin embargo, se han dirigido más hacia la información



contable y no han valorado que quizá, no es necesario realizar una gran explotación de los recursos presentes en el escenario productivo para obtener una producción exitosa. El desafío pasa a ser cómo optimizar la transacción entre el daño ambiental y los posibles beneficios del desarrollo minero para la economía local y nacional, mediante indicadores económicos para su evaluación.

En Cuba, esta temática es nueva y tiene como antecedentes las investigaciones realizadas por Montesino et al., (1964) y Castro, G., et al., (1964). En estos trabajos los autores realizan un análisis de las causas que condujeron al cierre de las minas de manganeso, El Cristo y Charco Redondo, respectivamente. Estos trabajos sirvieron de base al autor para el diseño del sistema de indicadores de sostenibilidad propuesto.

En el trabajo en opción al título de Doctor en Ciencias “Sistema de indicadores mineros para la explotación sostenible de los recursos minerales” de Guerrero, 2003 y tutorada por el Dr. C Rafael Guardado, el autor afirma que el desarrollo de un conjunto de indicadores mineros sostenibles conllevará a una relación fructífera en cuanto a la actividad geológico - minera, con lo económico-social y la ambiental. Para ello realiza el diagnóstico geopotencial en el escenario minero con la aplicación de una metodología diseñada para este caso, dentro del cual se analizaron el potencial geológico, ambiental, minero y socioeconómico; lo que sirvió de antecedente a la realización de esta investigación debido a que nos aportó elementos para proponer los indicadores que ayuden a que las actividades del proceso de explotación minera se realicen con el máximo de calidad.

Garbey, 2007, en su trabajo “Propuesta de un tratamiento contable para las afectaciones ambientales provocadas por la explotación de yacimientos minerales en la empresa “Comandante. Ernesto Che Guevara” sugiere, que dentro de la partida de Gastos en los Estados Financieros de la Empresa se incluyan los indicadores: Consumo de Explotación, Pérdidas ambientales por Explotación y Pérdidas por Inversiones Ambientales, los cuales permitirán registrar y controlar las afectaciones ambientales generadas por la producción de Níquel.

Las investigaciones desarrolladas en el 2001 por Maden, Montero y Valdés, reflejan la necesidad de establecer indicadores de sostenibilidad que permitan medir el comportamiento de la minería y el hombre sobre la naturaleza.



Vallejo y Guardado (2000), realizan una propuesta de indicadores ambientales sectoriales para el territorio de Moa, con criterios sostenibles. En esta misma dirección nos permitió conocer acerca de las principales industrias en el área y ver los problemas ambientales que esta le ocasiona al municipio de moa y sus pueblos adyacentes.



CAPITULO I



CAPÍTULO I CARACTERIZACION DE LA ACTIVIDAD MINERA EN LA INDUSTRIA CUBANA DEL NIQUEL: UNIDAD BASICA MINERA EMPRESA ERNESTO CHE GUEVARA

I.1 Antecedentes de la minería en Cuba

El saqueo de los minerales cubanos se inicia con la búsqueda de oro por parte de los españoles que utilizaban a los aborígenes como esclavos, siendo aquella la primera actividad económica desarrollada por los colonizadores. Es así que la minería cubana figura entre las más antiguas del nuevo continente. Posteriormente explotaron el mineral de cobre en 1530 a partir del yacimiento descubierto en el lugar denominado Mina Grande El Cobre. En general la minería en Cuba durante la colonia y la seudorepública se caracterizó por el bajo nivel teórico y por la explotación manual en muchos casos. Igualmente la explotación extrema del trabajo de los mineros sin observar las reglas elementales de protección e higiene del trabajo. Los minerales de mayor relevancia económica fueron entonces el cobre y el hierro, los cuales posteriormente cedieron su lugar al níquel.

En período que va desde la colonización hasta 1534 el resto de la minería se reducía al uso de la Arena, la Cal y Cantería. En ese tiempo transcurrido desde la conquista de la Isla hasta 1830 se puede afirmar que la actividad minera fue pequeña y sin que tuviera gran consideración en el cobre económico aplicándose una técnica muy rudimentaria. Al ponerse de manifiesto en la primera década del siglo XIX las riquezas del yacimiento El Cobre, los ingleses se interesaron por ella y en 1830 formaron una *empresa consolidada* con el objetivo de reanudar la explotación del yacimiento. Esta empresa, fue la primera en aplicar una técnica minera, introdujo máquinas de vapor y construyó un ferrocarril desde el yacimiento hasta la Bahía de Santiago de Cuba.

Este período del auge de la minería, fundamentalmente de la explotación del Cobre, constituye la época de mayor actividad minera de Cuba colonial.

- 2, 3, 4, 5, 6. *VILLAMIL Javier (2004) UN ACERCAMIENTO A LA MINERÍA NACIONAL, Quinto Seminario "Soberanía, Territorio, Recursos Naturales y Minero-Energéticos" II Sesión: Los Recursos Mineros y la Gran Minería.*



La actividad minera ofrece una idea clara de la penetración del capital norteamericano en Cuba, quienes se aprovecharon desmedidamente de los recursos, sometiéndolos a sus intereses y mantuvieron a los obreros mineros en la mayor explotación. La minería no llegó a constituir una actividad de primera importancia para la economía cubana ni siquiera en la primera mitad del siglo XX.

En la seudorepública, la producción minera de Cuba era considerada una industria de menor importancia desde el punto de vista económico y los mineros se hallaban entre los obreros que laboraban en peores condiciones.

El mayor auge en la producción minera en la etapa anterior a 1959 se alcanzó en los períodos de confrontación bélica cuando se incentivaba la producción minera en Cuba vinculada a las guerras mundiales y a la de Corea. Existía desconocimiento del potencial

Al triunfar la Revolución cubana en 1959 se toma la decisión de establecer un programa encaminado a desarrollar el potencial minero del país.

En 1961 se constituye el Ministerio de Industrias, existiendo sólo dos geólogos cubanos, por lo que se requería un importante proceso de preparación de condiciones en ese sentido.

El 1975 sólo se conocía, desde el punto de vista geológico, el 5% del territorio nacional. Para finales de la década del ochenta se logró elevar el grado de conocimiento del potencial minero desde el 5 hasta el 50%, lo cual se logró con la colaboración de la antigua Unión Soviética y países del Consejo de Ayuda Mutua Económica CAME.

A partir de la creación del Servicio Geológico Nacional se comenzó un trabajo sistemático encaminado a precisar las características geológicas del país y revelar la presencia de yacimientos de minerales. En ese sentido el programa arrojó importantes resultados, entre los más significativos se reconocen:

- El desarrollo de una fuerte base de reservas minerales para la industria del níquel con un alto grado de confiabilidad, lo que permitió el mantenimiento de la producción en las plantas que existían.
- El descubrimiento y puesta en marcha del yacimiento de cobre de Júcaro.
- La revelación y desarrollo de reservas de plomo y zinc.



- El descubrimiento de oro de Delita, en La Isla de la Juventud.
- Un intenso desarrollo de los materiales de construcción y de materias primas para la producción de cemento.
- La creación de una cartografía geológica de Cuba, con la edición de mapas geológicos.
- Para la prospección petrolera se desarrollaron trabajos en tierra y la plataforma, así como programas de perforación de pozos de búsqueda y exploración.
- El desarrollo de una organización geológica nacional y una industria minera-petrolera.

I.1.1 Principales regiones mineras en Cuba

La región minera más importante del país está ubicada en el norte de la provincia de Holguín, en esta se encuentran las mayores reservas de hierro, níquel y cobalto y una parte considerable de las reservas de cromo. La segunda región minera en importancia se ubica en el norte de la provincia de Pinar del Río, en la que existen las principales reservas de cromo, plomo, cobre y zinc. La tercera región está ubicada en el centro de la isla, incluyendo la Sierra del Escambray y los territorios situados al norte, donde se localizan distintos minerales metálicos y no metálicos. La cuarta zona también se localiza en la Sierra Maestra, en ella se ubican yacimientos de distintos minerales entre otros como hierro, cobre, manganeso. Además de estas zonas también se localizan a través de todo el país distintos yacimientos pétreos, destacan los de mármol y calizas marmolizadas en La Isla de la Juventud, Pinar del Río, Cienfuegos y Granma.

Figura 1 Principales regiones mineras de Cuba



I.2 La industria cubana del níquel

En 1943, durante la II Guerra Mundial, una empresa de Estados Unidos construyó en Nicaro, al este de la bahía de Nipe, la primera planta de níquel en la isla. Se trató de un



centro industrial moderno para explotar los yacimientos de Pinares de Mayarí. En 1955, la Freeport Sulphur Corporation, inició la construcción en Moa de la segunda planta cubana para la explotación del níquel.

Con el triunfo de la Revolución cubana, los técnicos y especialistas estadounidenses abandonaron esta planta niquelífera, única en el mundo por su forma de operación, y llevaron consigo la documentación sobre la tecnología de esa industria.

Una década más tarde, se reparó la planta de Nicaro y se emprendió la construcción de otra empresa, la Comandante Ernesto Che Guevara, en Punta Gorda, con capacidad para producir 30 mil toneladas anuales del metal. La primera fase de esta inversión, concluyó en 1984, y se emprendió la construcción de la cuarta planta de níquel en Las Camariocas, a 10 kilómetros al este de Moa, que fue necesario cancelar en la década del 90 tras el derrumbe del campo socialista europeo.

Figura 2 Localización del Yacimiento Punta Gorda



En la actualidad, la industria niquelífera en Cuba cuenta para la extracción y procesamiento del mineral, con las plantas minero metalúrgicas Comandante René Ramos Latour, en Nicaro, Comandante Pedro Soto Alba y Comandante Che Guevara, ambas en Moa.

Se conocen en el territorio nacional 43 yacimientos de níquel, la mayoría de ellos al norte de las provincias orientales, y los recursos ascienden a 1130 millones de toneladas con



contenido, lo que la ubica entre los tres primeros países con este mineral. Los principales productores de níquel a nivel mundial son Rusia, Canadá, Australia, Indonesia, Nueva Caledonia y Cuba.

Los principales yacimientos cubanos son Punta Gorda, Camarioca este, Moa Oriental, Pinares de Mayarí, Nicaro, Yagrumaje (zona oriental de Holguín), San Felipe (en Camagüey) y Cajálbana en Pinar del Río.

El principal valor de los minerales cubanos estriba en que yacen próximos a la superficie y pueden explotarse en minas a cielo abierto, con un costo relativamente menor al de su extracción de las profundidades subterráneas.

Desde 1991, la industria del sector comenzó a funcionar parcialmente con divisas convertibles y al año siguiente ese esquema fue ampliado, ocupando la tercera posición después de la azucarera y el turismo.

A partir de lo legislado para la asociación con empresas extranjeras se crearon tres empresas mixtas, la Moa Nickel S.A Pedro Soto Alba para buscar mercado, tecnología y aumento de producción de la planta; la Caribbean Nickel S.A. y la Compañía General del Níquel S.A. para la contratación y venta del níquel cubano en el mercado internacional, lo que modificó el mercado para la exportación de dicho mineral.

I.3 Caracterización de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara

La Empresa “Comandante Ernesto Che Guevara” se encuentra ubicada dentro del macizo montañoso Moa-Baracoa, al norte del yacimiento mineral de Punta Gorda, a 4km de la ciudad de Moa, aproximadamente a 177 km de la ciudad de Holguín y a unos 950km de la capital del país. Su actividad fundamental es la producción y comercialización de níquel más cobalto y otros productos afines e inherentes al proceso y sus derivados en pesos cubanos y pesos convertibles.

Sus principales clientes son: CUBANÍQUEL y países del continente euroasiático, y como principales proveedores tiene a CUBAMETALES e Importadora del Níquel, los cuales garantizan los suministros fundamentales para el proceso productivo tales como petróleo, amoníaco y carbón. La empresa posee además varios competidores nacionales (Moa Níquel S.A. y René Ramos Latour) aunque la estrategia del país es vender el níquel cubano sin distinción de proveedor del producto nacional. Sus producciones principales son el



Sínter de Níquel, el Sulfuro de Ni + Co y el Óxido de Níquel, así como otros productos refinados.

La empresa responde a una estructura Lineal – Funcional, donde la delegación de autoridad no constituye un problema, pues cada directivo en su área ejecuta tareas encomendadas de niveles superiores, conociendo el margen de responsabilidad que implica el cumplimiento de su deber.

I.3.1 Caracterización de la Unidad Básica Minera

La Unidad Básica Minera está compuesta por 11 áreas de responsabilidad que se relacionan a continuación:

- Topografía
- Geología Desarrollo
- Transporte
- Escombreo
- Construcción de caminos
- Extracción
- Recepción y trituración de mineral
- Geología Producción
- Dirección de Mina
- Taller de Mantenimiento Mina
- Mantenimiento Industrial

Topografía

En esta área trabajan 9 topógrafos que su función principal es identificar el terreno donde exista un posible yacimiento y realizar las mediciones del área donde posteriormente se efectuará la explotación.

Geología de Desarrollo y Geología de Producción

Estas dos áreas están en estrecho vínculo pues sus funciones no se pueden ver separadas. Están constituidas por un total de 18 trabajadores que tienen como objetivo fundamental, explotar los yacimientos con el menor costo posible. Existen dos estaciones totales que se encargan de realizar las actualizaciones de todo lo que se hace en la mina y predecir cómo debe ser el proceso de explotación. Se valora la calidad de los minerales y



son los encargados de tomar las muestras para enviarlas al Centro de Investigación del Níquel.

Transporte

Esta área está ligada a todas las restantes pues sus trabajadores son los encargados de proporcionar el modo de transportación en cada una de las funciones de las demás áreas ya sea para la extracción del mineral, la actividad de escombreo, la construcción de caminos, etc.

Escombreo

Está constituida por 40 trabajadores, los cuales realizan la labor de separar la capa horizontal del suelo donde se va a explotar, para que se puedan eliminar del proceso la parte que no es económica enviar.

Construcción de caminos

Trabajan en ella 18 trabajadores encargados de construir los viales que se necesiten para el proceso de explotación, en el lugar que se les oriente.

Extracción

Es al área más grande que tiene la UB Minera pues está compuesta por 187 trabajadores, lo que se respalda con la importancia que reviste para la razón de ser de la empresa. Su función principal es la de extraer el mineral y llevarlo hacia el punto de recepción y trituración del mineral.

Recepción y trituración del mineral

Cuenta con 65 trabajadores que son los que se encargan de acoger el mineral y pasarlo por el proceso de molienda para que llegue en volúmenes adecuados al proceso tecnológico.

Taller de Mantenimiento Mina y Mantenimiento Industrial

Estas áreas cuentan con 92 trabajadores de forma general. Su objetivo es darles mantenimiento a todos los equipos que laborean dentro del proceso de explotación.

Para diagnosticar los indicadores de eficiencia de la explotación de los yacimientos fue necesario visitar el Grupo Económico de la Unidad Básica Minera, el cual está conformado por:

- 1 Especialista Principal



- 1 Especialista C en Gestión Económica
- 3 Técnicos A en Gestión Económica
- 1 Auxiliar Económico

El objetivo fundamental del grupo es garantizar el uso racional de los recursos económicos y financieros planificados, para lo cual tiene como tareas:

Realizar los análisis económicos.

Lograr el cumplimiento del presupuesto mediante el control de las contrataciones.

Mantener el control de la gestión de mantenimiento mediante la operación del SGESTMAN.

I.3.2 Caracterización del área de estudio

La concesión minera está compuesta por cinco yacimientos: Punta Gorda, Camarioca Este, Yagrumaje Oeste, Yagrumaje Norte y Yagrumaje Sur. **Ver Anexo. 2**

Ubicación geográfica

El área de estudio se encuentra ubicada al noreste de la provincia de Holguín, próximo a las costas del océano atlántico. Tiene las reservas de níquel explotadas en las orillas del río Moa, siendo este su límite por el noreste, por el este la fábrica Ernesto che Guevara, por el Sur y suroeste se encuentra limitado con el río Yagrumaje, por el flanco oeste colinda con el conocido yacimiento Moa separado por el río Los Lirios.

Geología

El área de estudio tiene forma de arco convexo que se extiende desde la cuenca del Río Sagua en la Sierra Cristal, incluyendo las cuchillas de Moa y Baracoa hasta la mitad occidental de la meseta de Maisí, a lo que se denomina Anticlinorium Oriental.

Esta área está representada por rocas del corte ofiolítico, el complejo ultramáfico metamorfozido, compuesto por peridotitas y sus serpentinas y el complejo cumulativo compuesto por gabros, olivinos y plagiogranitos. Los representantes más abundantes del corte ofiolítico; son las serpentinas apohazburgísticas y Hazburgitas serpentinizadas.

Las rocas del complejo ultramáfico metamorfozido que originan las cortezas de intemperismo friables, ricas en Fe, Ni y Co que se extraen como materia prima mineral para el proceso metalúrgico y son las más abundantes en el sector.



El complejo cumulativo está pobremente representado en el área del yacimiento y se manifiesta en la parte sur y Este (cuenca del río Cayo Guam).

Clima y vegetación

El clima de la región es tropical caracterizado por una temperatura media anual promedio de 21.5c°. Se presentan dos períodos de lluvias (febrero –abril) y (Julio –Septiembre). Durante el verano las lluvias tienen un carácter de aguaceros que forman corrientes turbulentas de muchas fuerzas las cuales provocan una marcada erosión en las laderas de las escombreras y en inviernos son menos intensas pero más perennes.)

Las precipitaciones promedio del año en las partes bajas del relieve oscilan entre 1700 mm y 1800 mm y las partes montañosas 2200 mm y 2300 mm. En las épocas de verano las lluvias ocurren en forma de aguaceros y en invierno se caracteriza por su constancia. El régimen de temperatura para el período seco es bastante alto. Las diferencias de temperaturas promedio, raras veces sobrepasan los 5°C menor que en la ciudad.

En la región se desarrollan siete formaciones vegetales naturales y ocupan alrededor de 90% del área de estudio (Bosque tropical, Xenomorfo subespinoso). Referente a la flora se reportaron un total de 345 especies de las cuales el 92% está en los ecosistemas naturales antes mencionados, 213 son endémicos y representa el 23% de endemismo reportado para el distrito Moa Baracoa. De estas especies endémicas 17 son exclusivas de Moa, 5 en peligro de extinción y 20 vulnerables a la desaparición.

En cuanto a los recursos forestales, el total de bosque alcanza la cifra de 11398.3ha, de los cuales 11005.5 ha corresponde a bosques naturales y 392.8 ha a bosques en el área de estudio (CESIGMA 2000).

La fauna está caracterizada por arácnidos, anfibios, aves, mamíferos, de los cuales 104 se reportan como endémicas, 5 en peligro de extinción y 13 en vulnerables a desaparecer:

Red hidrográfica y relieve

La red hidrográfica está representada por los ríos Moa y Yagrumaje con sus afluentes de Punta Gorda y Los Lirios. La red es del tipo detrítica aunque en algunos pasos se observan subparalelas. Tiene forma de barrancos casi verticales, su longitud es de unos 11km y su cuenca tiene un área aproximada de 12km.



El relieve tiene una dirección pendiente predominante al norte con cotas absolutas de (360-0 m). Los desniveles relativos del relieve en la parte sur del yacimiento oscilan entre 70-110m.

Minerales útiles de la región

Los yacimientos de cromitas refractarias, por su importancia, ocupan el segundo lugar. Todos los cuerpos y manifestaciones conocidas de cromita se agrupan en las partes marginales de la intrusión ultrabásicas.

En menor orden de importancia aparecen manifestaciones de asbesto crisotílico, pobre mineralización de cobre en la zona de los gabroides, fangos coralinos y zeolitas, localizándose importantes manifestaciones de este último en la zona de farallones de Moa.

Medio minero

Los yacimientos se encuentran explorados y desarrollados en distintas redes de perforación:(400x400), (300x300) y (100x100), para el estudio de sus reservas y características geológicas (Espinosa y Antonio, 2000). Desde sus inicios y hasta la actualidad, se explota a cielo abierto.

YACIMIENTO PUNTA GORDA

El área del yacimiento tiene un total de 17.73 km² y una potencia media de 4,90 m. Por su yacencia, es una corteza de tipo superficial desarrollada en forma de manto, en ocasiones interrumpida por afloramientos de la roca madre. El mismo aparece como una gran superficie de nivelación de relieve erosivo-denudativo con pendientes suaves que se hacen bruscas en los límites del desarrollo de la corteza; por el grado de madurez de la corteza de intemperismo; este yacimiento ocupa una posición intermedia entre Yagrumaje Sur y Yagrumaje Oeste, con predominio del mineral limonítico sobre el serpentínico, independientemente de que existe en toda el área desarrollo de horizontes serpentínicos meteorizados.

Sistema de explotación aplicado en el yacimiento

El método de explotación empleado es el de transporte en un escalón, con arranque y carga directa mediante excavadora de arrastre al transporte automotor. La dirección de los frentes de trabajo en el plano es en abanico. Según las exigencias del plan de producción, la dirección del arranque en el perfil es horizontal extrayendo toda la altura de la capa de



una vez. Los procesos tecnológicos de la mina se caracterizan por los siguientes elementos: desbroce, destape, construcción de caminos, trabajos de drenaje, extracción y transporte. *Ver Anexo. 3.*

YACIMIENTO YAGRUMAJE NORTE

Ubicación geográfica

El Yacimiento tiene un área general de 2 km² 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. 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 -200 m.

YACIMIENTO YAGRUMAJE SUR

Ubicación geográfica

El Yacimiento ocupa un área de 3.65 km². Las rocas que componen el sustrato son principalmente cúmulos bajos, ultramáficos de harzburgitas con un desarrollo fuerte de la serpentinización.

YACIMIENTO YAGRUMAJE OESTE

Ubicación geográfica

El Yacimiento ocupa un área de 4.36 km². La potencia mineral y de escombro promedio para los bloques desarrollados en la red de 33.33 x 33.33 m es de 6.4 m y 1.9 m respectivamente; con una relación escombro mineral de 0.25 m³/t. Para la zona desarrollada en la red de 100 x 100 m, No posee acceso para la minería, solo tiene caminos en mal estado usados para el acceso a los trabajos de desarrollo geológico.

Métodos de explotación aplicados

En los yacimientos anteriormente mencionados, se emplean de manera indistinta los siguientes métodos de explotación:

a)- En laderas con pendientes pronunciadas.

Se utiliza la excavadora marca (Dragalina Modelo ESH 5/45). La dragalina es un equipo de grandes dimensiones y pesado, por lo que su desplazamiento es muy lento, influyendo esto en la productividad. Para su utilización, deben construirse plataformas horizontales de forma continua, cuyo ancho debe ser aproximadamente de 20 m. para que pueda



desplazarse sin dificultad, lo que incrementa los gastos por concepto de construcción de caminos, plataformas y cargaderos. También se deben construir viraderos para los camiones cada 30 metros y en caso excepcional a 50 metros, dependiendo de las condiciones de trabajo.

b)- Sistema tradicional de Explotación por plataforma horizontal.

Por las características del relieve de los yacimientos que forman la base minera, en este método de explotación se pueden emplear las excavadoras marca Dragalina modelo ESH 5/45 sin dificultades en el 70% de la superficie mineralizada, lo cual ofrece ventajas, pues al realizar la extracción de las lateritas y la serpentina, se logra una mezcla más homogénea del mineral. La extracción de la masa minera se realiza desde una plataforma horizontal de trabajo a todo lo largo del frente, con arranque y carga en un escalón por medio de la excavadora, utilizando transporte automotor. El mineral es transportado en camiones articulados marca VOLVO modelo A-40D, empleándose los esquemas de carga trasera, lateral y combinada. También se aplica este método, sin la utilización del transporte automotor, para extraer los contactos en los fondos con alta humedad donde los camiones no pueden acceder.

c)- Método de extracción depositando el escombros directamente en el corte.

Con el objetivo de aprovechar al máximo las tecnologías de arranque y carga, y agilizar el proceso de destape del mineral, sin contaminar el mismo ni interrumpir el drenaje de los frentes de minería, se valoró la aplicación, de forma simultánea del destape y la extracción del mineral, el cual tiene que cumplir los siguientes requisitos:

1. El área donde se depositará el escombros debe estar totalmente minada.
2. No obstruir el drenaje ni contaminar el pie del talud del mineral con el escombros depositado.
3. Tiene que existir una separación no menor de 5 m entre el escombros depositado y el pie del talud del mineral.
4. Dejar un borde destapado de mineral de 3 m como mínimo, para evitar que al destapar el área se produzcan derrames de escombros, que contaminen el talud del mineral.



5. El ángulo del talud del frente de minería tiene que ser igual o menor que el de reposo natural del mineral mullido, (45°).
6. Limitar el recorrido del cubo de la excavadora a 6 m, para que la excavadora se pueda acercar nuevamente al borde y no contamine el mineral.

d)- En laderas pendiente abrupta

La base de cálculo de este método de extracción minera asume, que la minería y la canalización para desviar las aguas hacia los depósitos de sedimentación se realizarán con retroexcavadoras de 4.3 m^3 de capacidad en la cuchara y un ancho de corte de 1.6 m. Los canales para desviar las aguas se construirán con un ancho de 1.6 m y una profundidad de 2 m. dimensiones para las cuales las retroexcavadoras son altamente productivas y el peligro de derrumbe de las paredes es mínimo. La pendiente longitudinal del canal se tomó de 0.5% que es admisible para canales de tierra. La utilización de las retroexcavadoras en este método se fundamenta en una serie de ventajas como mayor selectividad, puede trabajar en cualquier tipo de relieve, puede trabajar en cualquier potencia, alta movilidad.

e)- Bancos múltiples

Se utilizan Retroexcavadoras las cuales han demostrado las ventajas siguientes

- 1-Mayor selectividad.
- 2-Trabajar en cualquier tipo de relieve.
- 3-Trabajar en cualquier potencia.
- 4-Alta movilidad.

I.3.3 Descripción del flujo tecnológico de la Unidad Básica Minera

La Unidad Básica Minera está destinada fundamentalmente a suministrar la materia prima a la fábrica Comandante. Ernesto Che Guevara Actualmente las labores mineras se desarrollan en los yacimientos Punta Gorda y Yagrumaje Norte. La superficie de la zona minada es de aproximadamente $2\,854\,400 \text{ m}^2$. Para dar cumplimiento al objeto social de la empresa, el flujo tecnológico de la Unidad Básica Minera transita por las fases que aparecen a continuación.

a) Reconocimiento

Realización de trabajos preliminares en determinadas áreas, definiendo zonas de interés para la prospección.



b) Desarrollo geológico

Tiene como objetivo fundamental, la evaluación de los recursos minerales, con la finalidad de utilizarlos como materia prima a corto, mediano y largo plazo. En la etapa de desarrollo geológico se determinan los parámetros fundamentales 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.

1. 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.
2. 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.
3. 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 sustituye 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.

c) 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. Las actividades que se realizan se describen a continuación:

Desbroce. Consiste en la eliminación de la vegetación y la modelación del terreno para que puedan entrar al área los equipos para el destape, se ejecuta con buldócer marca 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: **Ver Anexo. 4**



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 esta actividad 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.

Características de los bancos

- Altura del banco de 2 a 3 metros.
- Angulo de inclinación del talud 75 grados
- Ancho del banco 10.35 metros.

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. **Ver Anexo. 5**

Las escombreras deben cumplir con requisitos como. Garantizar que se realicen con el tipo de mena que no cumpla con el porcentaje de níquel deseado y lo más plana posible. Los puntos de unión con el mineral deben ser fáciles de limpiar al realizar la extracción, seguir la línea de contacto entre el escombro y el mineral, para reducir las pérdidas y el empobrecimiento, el personal de operación y control debe tener la calificación requerida y que la planificación sea correcta, mantener un adelanto no menor de seis meses, con respecto a los trabajos de la minería. En esta actividad se está teniendo problemas con la calificación del personal y además no cuentan con el número de equipos para el cumplimiento de la misma.

La construcción de los caminos mineros. Garantiza que se realice el transporte del mineral hasta la fábrica o el punto de recepción minera. Los caminos se clasifican en principales o secundarios de acuerdo al uso que estén destinados. Los caminos principales tienen una



vida relativamente larga, transportan la masa mineral desde los frentes mineros a los puntos de recepción, sirven a varios frentes de minería y deben cumplir varios requisitos como construirlos fundamentalmente sobre las escombreras inactivas o zonas no mineralizada, tener pocas curvas y lo más amplias posibles en concordancia con el relieve (alineación horizontal), tener adherencia y poca resistencia a la rodadura, buena compactación, drenaje y terminación de la rasante, el costo de ejecución y mantenimiento debe ser mínimo.

Los caminos secundarios sólo sirven a uno o dos frentes mineros cumplen requisitos como Seguir el flujo o planificación de la extracción del mineral, ser lo más planos y estables, estos no deben de contaminar el mineral, además de permitir el paso de las excavadoras y el giro de los camiones. Durante la construcción de estos caminos mineros no se llega a cumplir con todos los requisitos que se deben tener en cuenta durante su construcción, presentando problemas como el trazado de estos caminos no es el más adecuado ya que estos presentan muchas curvas, no los confeccionan con materiales de buena calidad utilizan a personas que no están capacitadas para la realización de esta actividad, a veces no se tienen en cuenta las dimensiones de los equipos que por allí transitan, ni el ángulo de inclinación que se debe dar para que no ocurran pequeños deslizamientos durante los periodos de lluvia, y la construcción de las zanjas de desagüe estas no se ubican a la distancia , ni a la profundidad requerida trayendo consigo desbordamientos de las mismas removiendo o descarnando parte de estos caminos

El montaje de líneas eléctricas para el abastecimiento de energía a los frentes de minería e infraestructuras mineras tiene que ser diseñado de acuerdo a la estrategia de minería a mediano y largo plazo. Las líneas eléctricas cumplen con requisitos como su trazado se realizara preferentemente por zonas no mineralizadas o de poco interés económico para la etapa con vida útil relativamente larga, La distancia entre dos líneas paralelas, exteriores al área planificada no debe de exceder 1,5 Km, en las zonas de trabajo no deben existir empates o en caso de existir llevaran consigo un buen aislante, además en estas zonas tienen señales que especifique que en esta área existen un tendido eléctrico

El Drenaje, por a las condiciones hidrogeológicas difíciles de estos yacimientos, es muy necesario para reducir la humedad del mineral y evitar las pérdidas de mineral alojados 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.

En los yacimientos en explotación los trabajos de drenaje han sido muy efectivos como por ejemplo:

Los Canales se construyen por la parte baja de los yacimientos para coleccionar el agua son efectivos, cuando se construyen con antelación a la minería y la zona tiene alto coeficiente de transmisibilidad por lo que el canal colector se ubica por la parte superior del área cortando el manto freático, dependiendo de las condiciones mineras del área.

En condiciones difíciles se combinan ambos canales.

La realización de la minería en forma de anillos inicialmente y luego realizarla por franjas transversales de arriba hacia abajo es efectivo, pero requiere que toda el área esté destapada con antelación.

En la elaboración de los planeamientos se prevé un esquema de distribución de las zonas de minería, que facilitan un descenso en el manto freático, aplicando cada tipo de drenaje acorde con las condiciones minero – geológicas.

d) Extracción y Transporte del mineral

Es la actividad fundamental de la mina, por lo cual todos los trabajos mineros están encaminados a que se realice exitosamente. 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.

Actualmente estas operaciones se hacen con excavadoras marca 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 E-SH-545 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, EC-460, ha permitido la extracción en zonas donde existen intercalaciones de gabros o bloques flotantes y en áreas con condiciones hidrogeológicas difíciles. En esta actividad deben cumplirse requisitos como. El 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 y empobrecimiento y que la calidad del mineral oscile en los valores promedio planificados por etapas, Evitar queden reservas aisladas y produzca el drenaje natural del área. Durante la realización de esta actividad se está teniendo problemas con la calificación del personal que se destina para el cumplimiento de esta actividad ya que no se realizan pruebas para conocer acerca de los conocimientos que deben tener en cuenta para cumplir con lo planificado, no está teniendo problemas con la explotación del mineral ya que no se puede todo por concepto de tecnología ya que por el equipamiento que presenta la UBM no es posible la extraerla ocasionando pérdidas para el proceso

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 zaranda vibratoria donde es separado en dos fracciones +100 y -100mm. Las fracciones +100 pasan a una trituradora de martillo donde son reducidas a -40mm que se unen nuevamente con las fracciones -100 mm. A través de los de 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 ó 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. También se puede realizar el enlace de los transportadores 4-A y 4-B con los 14 y 15, los que trasladan el mineral directo a la fábrica sin pasar por el depósito. Aquí se encontró como deficiencia que este mineral debido a la húmeda relativa del mineral está



ocasionando tupiciones en las cribas además de adherirse en la superficie del transportador de banda.

Equipamiento minero en explotación en la Unidad Básica Mina

La UBM para realizar su producción cuenta con equipos contratados y propios. En las Tablas 1, 2 y 3 se puede observar que la mina debe continuar su proceso inversionista para la reposición o incremento de los equipos ya sea por compra o por arrendamiento con y sin opción de compra, para garantizar la producción anual según los planes de negocios de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara. Ver **Anexo.6**

Proyecto de cierre de minas

Este documento recoge la utilidad que se le va a dar a la mina después de culminada la actividad minera. El cierre de una mina puede ser temporal o definitivo, según se planifique o sea posible reanudar la explotación o no; y total o parcial, según se contemple el cese de las actividades en toda la mina o en parte de ella, en todos los casos para el cierre temporal de una mina se requiere la autorización, mediante resolución fundada, del Ministro de la Industria Básica. Se encontró como deficiencia que la UBM de la empresa comandante: Ernesto Che Guevara no cuenta en estos momentos con este documento que se debe planificar mucho antes de la explotación y es de vital importancia que lo confeccionen.

I.4 La minería y su impacto

En la actualidad algunas personas no comprenden la importancia de los minerales como materia prima, debido en parte a que el ciudadano corriente no controla ni domina los procesos de producción. Casi ninguna mercancía o producto de la sociedad contemporánea se puede fabricar sin el uso de minerales para su elaboración. En el mundo las grandes potencias mundiales se articulan al aparato de producción mineral mundial, por la enorme demanda de productos en bruto que requieren una gran variedad de actividades vitales, como por ejemplo, en la fabricación de acero, aleaciones, materiales de construcción, energía eléctrica o suministro de piedras preciosas; estas son materias primas mineras fundamentales para el sector energético, siderúrgico, joyero, entre muchos otros.

En las naciones industrializadas es fundamental el respectivo control de la principal fuente de minerales, ya que este sector experimenta un importante crecimiento. Grandes potencias como Estados Unidos son vulnerables económicamente por el agotamiento de



sus propios recursos, por lo cual se han visto obligados a hacer una gran importación de material minero. Actualmente cuentan con inmensas producciones de carbón.

Sabiendo que el petróleo y el carbón representan en su conjunto casi el 70 % del consumo mundial de energía, es importante recalcar la dependencia estadounidense en primer plano del petróleo y en segundo plano de otros minerales, un hecho cada vez más agudo.

Minerales como el zinc, el carbón, el cobre, el plomo, el cobalto, el hierro, el estaño y el níquel, se han vuelto estratégicos para Europa y Norteamérica, debido a las carencias de yacimientos propios para satisfacer los requerimientos de sus grandes aparatos industriales. En el caso de minerales como el arsénico, bauxita, platino, barita, cobalto, cromo, potasio, titanio, grafito o manganeso, la dependencia de suministro externo es casi total para la economía estadounidense y europea. Para ilustrar la situación, tan sólo América Latina cubrió las dos terceras partes de aluminio importado y la tercera parte de las reservas mundiales de bauxitas que se localizan particularmente en la nación de Brasil⁶.

Por otro lado, casi la mitad de cobre utilizado en Estados Unidos, proviene principalmente de Canadá, Chile, Perú y México, de la misma forma que en la isla de Cuba se concentra la más importante reserva de níquel y del cobalto del continente, seguidas por Brasil, Colombia y República Dominicana. Así que una gran proporción de estos elementos son extraídos de países en vías de industrialización, como también de naciones completamente sumidas en el llamado subdesarrollo.

En el caso de la minería, la dependencia mutua entre naciones también es altamente significativa: a pesar de que las inversiones extranjeras directas en el sector minero energético es de tan solo el 4 % del total mundial. Esta rama es fundamental en la economía de muchos países extractores, como sucede en Colombia, Venezuela, Bolivia, Chile, República del Congo, Perú o Sudáfrica.

La minería también es la base económica que sostiene varias de las empresas transnacionales más grandes del mundo, igual sucede con otras materias primas.

Recientemente grandes conglomerados económicos, como la Angloamerican, la BHP, Billintong, Río Tinto, Newmont, Barrica, o Xtrata-Glincone, se han venido construyendo en las compañías diversificadas de minerales más grandes del mundo, con amplio dominio de



la explotación y comercio de oro, plata, piedras preciosas, carbón, cobre, hierro, uranio, zinc y molibdeno.

La minería empresarial canadiense es una de las más dominantes de la actualidad, compitiendo con la minería corporativa proveniente de Estados Unidos, Australia, Gran Bretaña, China y Sudáfrica.

En el caso del oro, casi la mitad de la producción mundial, se concentra en tan sólo 15 empresas, siendo absolutamente dominantes los capitales de origen canadiense, australiano, inglés, estadounidense y sudafricano.

El aporte de Latinoamérica en la minería mundial es bastante significativo, suministrando al planeta el 44 % del mineral de plata, el 38 % de cobre, 36 % de Ni 28 % de estaño, el 28 % de bauxita y el 23 % de zinc. Gradualmente desde la década de los 90, Suramérica ha experimentado un boom minero sin precedentes y de escala mundial, producto de un gran despliegue transnacional ejecutado principalmente en Argentina y Perú y en menor proporción en Brasil, Chile, México, Bolivia y Colombia. En ese proceso hasta ahora el cobre, el oro, el hierro y el carbón son los minerales más explotados y condicionados por las transnacionales en la región.

En toda la región andina se visualiza el crecimiento más acelerado de inversiones minerales de la última década. Fruto de este fenómeno, las regiones potenciales y algunas de las minas más emblemáticas del bloque suramericano son: el complejo carbonero del callejón en Colombia, las minas de cobre de Chile como el complejo Calloahusi, (la mayor mina nueva de América Latina) y el complejo de minas de Oruro y Potosí en Bolivia, las grandes minas de Antamina y Llana cocha en Perú.

Latinoamérica sigue siendo el primer destino de la inversión y explotación minera mundial. Esto se explica por la riqueza de los grandes yacimientos que se encuentran en esta parte del continente y la alta rentabilidad del negocio minero en la zona.

La utilización primaria que se le dio al Níquel fue como metal refinado en cátodos, polvos, o como ferroníquel. Alrededor del 65 % del consumo mundial del Ni se utilizaba para la producción de acero inoxidable. Otro 12 % se utiliza en la producción de super aleaciones como (Inconel 600) o aleaciones no ferrosas, estas aleaciones se usan ampliamente debido



a su resistencia a la corrosión. Uno de los usos que le daba era en la construcción de baterías recargables, acuñamiento de monedas (generalmente 75 % de Cu y 25 % de Ni), para la fundición y para el niquelado.

A la cabeza de la extracción del níquel durante esta etapa estuvo la Federación Rusa (265 000 t), Australia (184 000 t), Canadá (183 000 t), Nueva Caledonia (126 000 t), Indonesia (105 000 t) y Cuba (71 500 t) Las principales reservas se localizan en Australia, Cuba, Canadá, Nueva Caledonia, Indonesia, Africa del Sur y Filipinas (USGS, 2002).

I.5 Diagnóstico de los impactos ambientales provocados por la actividad minera al Medio Ambiente.

Se entiende por medio ambiente: Sistema de elementos abióticos, bióticos y socioeconómicos con que interactúa el hombre, a la vez que se adapta al mismo, lo transforma y lo utiliza para satisfacer sus necesidades. (Ley de minas 81).

La explotación de los recursos minerales trae consigo una serie de alteraciones en el medio ambiente de mayor o menor intensidad según la morfología del yacimiento, el tipo de mineral y el entorno natural. Para la caracterización del impacto se analizaron las afectaciones que se producen en los diferentes componentes ambientales. (CESIGMA, 2002)

Los impactos identificados por componentes ambientales son:

A la geomorfología

1. Cambio en la continuidad de la superficie del terreno.
2. Aumento de las probabilidades de ocurrencia de procesos geomorfológicos degradantes (erosión, deslizamiento, derrumbes, y otros).
3. Relleno de formas erosivas lineales (cárcavas), que afectan actualmente la estabilidad del trazado del camino.

A los suelos

1. Aumento de la intensidad de la erosión.
2. Compactación de los suelos a nivel crítico en áreas de tráfico automotor.
3. Pérdida parcial de la humedad natural de los suelos en el área del camino.
4. Cambios en las propiedades físicas y químicas



5. Inestabilidad en los terrenos.
6. Pérdida de la materia orgánica.
7. Regeneración de la vida vegetal y animal.

Al clima

- 1- Aumento de la insolación y la temperatura en el área de la mina y su entorno inmediato.
- 2- Disminución de la insolación y la temperatura.

Al aire

- 3- Aumento de los niveles de polvo.
- 4- Aumento de los niveles de contaminación por gases de escape de los motores de combustión interna.
- 5- Aumento de los niveles de sonoros y las vibraciones por los equipos mecánicos.
- 6- Mejora de la calidad de los procesos naturales.

A las aguas

- 7- Cambio de la dinámica por los trabajos mineros, y el revestimiento de las cuencas.
- 8- Cambios desfavorables en la velocidad del escurrimiento por las cunetas del camino de las superficies (desarrollo del escurrimiento superficial, laminar y lineal).
- 9- Aumento del acarreo de sedimentos a los cuerpos superficiales de agua.
- 10- Alteración de los parámetros físicos y químicos de los cuerpos de agua por incorporación de volúmenes de mineral, residuos de lubricantes y combustibles.
- 21-Deforestación parcial de árboles y arbustos.
- 22-Fragmentación del habitat.
- 23-Reforestación de ejemplares arbóreos y arbustivos.

A la fauna

- 24- Estimulación a la migración de especies e introducción de fauna oportunista.
- 25- Regeneración de la vida animal que tradicionalmente ha existido.

Al paisaje

- 26- Modificación de la estructura visual del paisaje por la alteración de sus elementos y sus componentes básicos.
- 27- Contraste cromático llamativo dentro del entorno de explotación.



28- Contraste discordante producido por los depósitos de almacenamiento de mineral y las escombreras.

29- Modificación de la estructura visual del paisaje por la recuperación del entorno natural.

30- Aumento del riesgo de enfermedades y molestia (polvo, ruido, etc.)

A la infraestructura económica.

31- Ingresos económicos para el país por la extracción del mineral.

I.6 Bases generales de la legislación minero ambiental

El derecho ambiental es la ciencia que tiene como objeto de protección, el derecho humano en un medio ambiente sano, mediante la proyección de un ordenamiento jurídico destinado a regular la conducta de los hombres en relación con el medio ambiente¹ (Javier, 2004)

En algunos países latinoamericanos y de la Unión Europea (UE) la gestión medioambiental se rige por legislaciones. Dentro de la región se pueden mencionar los países: Chile, Ecuador, Colombia, México. En el caso de Europa se puede citar a España con preponderancia en el tema. En Cuba, en el año 1994 se promulgó el Programa Nacional sobre Medioambiente y Desarrollo, que define como sus objetivos los siguientes:

- Elevar la eficiencia en el uso de los recursos, considerando entre ellos el aumento de la reutilización y el reciclado de los desechos, reduciendo al mismo tiempo la cantidad de desechos por unidad de producción.
- Fortalecer el concepto de la administración responsable en la gestión ambiental y uso de los recursos por la empresa.

En 1995 se promulgó la Ley No. 76 de Minas que tiene como objetivos establecer la política minera y las regulaciones jurídicas, de manera tal que garanticen la protección, el desarrollo y el aprovechamiento racional de los recursos minerales en función de los intereses de la Nación, trazando directivas obligatorias controladas por los funcionarios del Gobierno vinculados con la actividad.

¹Garbey, Y. (2010). Tesis de pregrado, *Propuesta de un tratamiento contable para las afectaciones ambientales provocadas por la explotación de yacimientos minerales en la empresa "Comandante. Ernesto Che Guevara"*.



En 1997, la Ley 81 del Medioambiente se instituye para establecer como uno de los principios que aseguran las acciones ambientales para el logro de un desarrollo sostenible, el deber de aprovechar los recursos naturales de manera racional, previniendo la generación de impactos negativos sobre el medio ambiente, llegando incluso a establecer de manera expresa que la falta de certeza científica absoluta no podrá alegarse como razón para dejar de adoptar medidas preventivas.



CAPITULO II



CAPÍTULO II ELEMENTOS METODOLOGICOS PARA LA APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE INDICADORES MINERO AMBIENTALES

En los últimos años, los requerimientos ambientales han aumentado sus exigencias en pro de la conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Las Autoridades Ambientales han acortado un poco la brecha entre las disposiciones legales ambientales de países desarrollados y conservacionistas de sus recursos naturales en relación con las de Cuba

Los efectos de no contar con un conjunto de Indicadores e Índices de Gestión y de Calidad Ambiental en el proceso minero del níquel, puede dar lugar a la apertura de investigaciones y formulación de cargos ambientales, que de no ser tomados en cuenta, significarían sanciones, multas y hasta cierre de las instalaciones en forma temporal o definitiva si es renuente al cumplimiento de las exigencias ambientales. Debido a la carencia de estos indicadores, se hace necesario diseñar, ajustar y aplicar a situaciones reales un Sistema de Indicadores minero ambientales para la explotación de yacimientos lateríticos que contribuya cualitativo a la eficiencia de la minería de níquel en cada una de sus etapas y que además evalúe la gestión ambiental de la mina.

II.1 Metodología

El procedimiento metodológico para el diseño del sistema de indicadores propuestos fue el siguiente:

II.1.1 Fase 1: Revisión del estado del arte y de la técnica

Esta fase consistió en una exhaustiva revisión bibliográfica y de trabajos realizados en los ámbitos internacional, nacional, regional y departamental, la cual arrojó como resultado el hecho de que son muy pocas las iniciativas a nivel regional y a nivel nacional en relación con el alto grado de avance e investigación realizados en otros países.

II.1.2 Fase 2: Visitas técnicas de campo y revisión de la gestión minero-ambiental en la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara

Estas visitas se realizaron con el objeto de elaborar análisis minero-ambientales y de verificar la armonización entre los indicadores de eficiencia de la empresa minera con las acciones desarrolladas realmente a la hora de tomar decisiones de actuación.

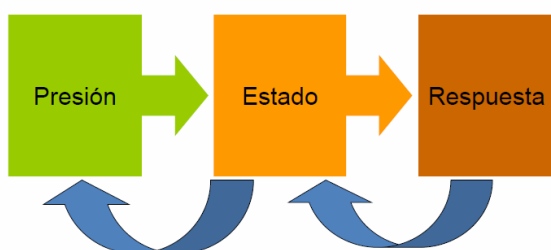


II.1.3 Fase 3: Definición del marco contextual del diseño de los indicadores

El marco contextual seleccionado para el diseño de indicadores fue el modelo Presión-Estado-Respuesta (PER) desarrollado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico PMB.

Indicadores de Sostenibilidad

PER



II.1.3.1 Fase 4: Aplicación de los indicadores propuestos al contexto de la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara

Se plantea la implantación de 15 indicadores minero-ambientales que transitan por las 4 fases del proceso de explotación de yacimientos lateríticos: Reconocimiento, Investigación Geológica, Preparación de la mina y Explotación.

El funcionamiento sistémico de los indicadores propuestos y su incorporación a la toma de decisiones de la Unidad Básica Minera contribuirá al ordenamiento del proceso de explotación de yacimientos y al desarrollo minero responsable.



CAPITULO III



CAPÍTULO III INDICADORES MINERO-AMBIENTALES PARA LA EXPLOTACIÓN RESPONSABLE DE LOS YACIMIENTOS LATERÍTICOS DE LA EMPRESA COMANDANTE ERNESTO CHE GUEVARA.

III.1 Definición e importancia de los indicadores minero-ambientales

Los indicadores minero-ambientales proporcionan información oportuna, precisa y fiable acerca de la minería, el medio **ambiente** y el **desarrollo sustentable** a la hora de tomar decisiones empresariales y del gobierno. Estos poseen el potencial de constituir importantes **herramientas** sustentadas científicamente y técnicamente. Además, facilitan el acceso a dicha información a los diferentes **grupos** de usuarios, permitiendo transformar la información en **acción** (CIAT – **Banco Mundial** – PNUMA, citado en **Autoridad Nacional del Ambiente**, 2000).

Asimismo, los indicadores sirven para identificar aquellas fuerzas que contribuyen hacia el mejoramiento o la degradación de las condiciones mineras y ambientales, permitiendo establecer metas precisas de acciones futuras para que a su vez, los gobiernos y la **sociedad civil** evalúen avances en sus acciones. (Autoridad Nacional del Ambiente, 2000).

"Los **conjuntos** de indicadores o índices integrados han sido utilizados en una gran variedad de disciplinas para medir conceptos complejos y multidimensionales que no se pueden observar ni medir directamente. El **poder** de estos indicadores reside en su habilidad de sintetizar una gran cantidad de información en un formato simple y práctico. La sencillez de estos índices integrados facilitan el acceso a la información al público en general y a otros usuarios potenciales" (Autoridad Nacional del Ambiente, 2000. p. 4)

La importancia del desarrollo de indicadores radica en tres objetivos ambientales fundamentales que permiten alcanzar el desarrollo sustentable:

- Proteger la salud humana y el bienestar general de la población
- Garantizar el aprovechamiento sustentable y racional de los recursos
- Organizar el proceso de explotación de yacimientos lateríticos a la vez que se garantiza la conservación de la integridad de los ecosistemas

III.2 Diagnóstico de los indicadores Unidad Básica Minera: Indicadores de la eficiencia minera.



El análisis económico de la UBM sólo recoge dentro de los elementos de gastos, dos indicadores globales relacionados con la eficiencia del proceso de explotación:

- Costo unitario de Masa Minera (\$/ton)=Total de Gastos/Masa Minera
- Costo unitario por cada libra de Níquel minado (\$/Lb)= Total de Gastos/Producción de Ni/2204,6

Donde: 2204,6 es la cantidad de libras de níquel por tonelada.

Sin embargo, estos índices no reflejan económicamente la efectividad del trabajo individual de cada área asociada al proceso de explotación, lo que fundamenta la necesidad de diseñar indicadores minero ambientales por área, que garanticen la explotación responsable de los recursos minerales.

III.3 Indicadores minero-ambientales para la explotación responsable de los yacimientos lateríticos de la empresa comandante Ernesto Che Guevara

La Ley 76 (Ley de Minas) establece en su artículo 12 que el proceso de explotación de níquel está dividido en las siguientes fases:

- a) Reconocimiento.
- b) Investigación Geológica, (Exploración, Prospección)
- c) Preparación de la mina (Desbroce, Destape, Construcción de escombreras, Construcción de caminos mineros)
- d) Explotación, (Arranque – carga, Transporte, Rehabilitación de áreas minadas)

Este trabajo tiene como objetivo diseñar indicadores minero-ambientales para la explotación responsable de los yacimientos lateríticos de la empresa Comandante “Ernesto Che Guevara”. Por el nivel de actividad de este proceso y su relación en la formación profesional del ingeniero en minas, los indicadores a proponer se enmarcarán en las siguientes etapas: Preparación de la mina y explotación. Se hizo necesario identificar en cada una de las fases del proceso, aquellas variables que por su correlación, posibiliten la conformación de indicadores de eficiencia minera no previstos en el Balance Técnico-Productivo actual de la UB Minera.

Las variables fueron identificadas a partir de entrevistas realizadas a especialistas y expertos del Dpto. Minas del ISMMM.



Para la realización de la propuesta del sistema de indicadores minero-ambientales para la explotación de los yacimientos lateríticos de la UBM de la empresa comandante. Ernesto Che Guevara, se consideró necesario, estudiar los procesos y fenómenos que inciden en la minería del escenario seleccionado. Para la recogida y procesamiento de la información, se procedió de manera similar al diagnóstico del impacto producido por las actividades mineras. Se consultaron a diversos especialistas en el tema que arrojaron información importante para la creación de estos indicadores. Ver **Anexo 7**

1. El indicador de aprovechamiento de reserva. Está relacionado con la capacidad que tiene el territorio de ofrecer una determinada cantidad de recursos minerales y en condiciones de explotabilidad óptima que favorezcan su aprovechamiento minero, Los componentes que constituyen este indicador son: Propiedades Físico-mecánica del suelo, depende esencialmente de la pendiente del terreno, del nivel de estabilidad que presenta el macizo y de las propiedades arcillosas que presenta el terreno, del porcentaje de níquel que es de aproximadamente de 0,9%, y de las condiciones climáticas .

2. Indicador de calidad del paisaje: Está relacionado con la cantidad de hectáreas que se desbrozan durante esta actividad, por el espesor de esta capa que oscila entre 25-40cm, por el tipo de vegetación que se desbrozara, si es endémica del lugar o es invasora, de la calidad y vida útil de esta vegetación. Además de la capacidad de recuperar el paisaje después de rehabilitada el área minada, además de la uniformidad en el paisaje dado por el impacto visual percibido por el observador, otro como los elementos discordantes como los edificios, industrias, áreas sin cultivar, entre otras estos son elementos que se consideran obstáculos dentro de la visibilidad del paisaje.

3. Indicador de volumen de escombros extraído: Está relacionado con el volumen de escombros que se extrae del frente minero, este está determinado por el espesor de la capa que puede variar de (1-10 m) de espesor, por la coloración de una capa a otra, también está en dependencia del tipo de equipamiento a utilizar, de la productividad de este y de la pendiente del terreno

4. Indicador de impacto hídrico. Se valoró a partir de las afectaciones ocasionadas por las precipitaciones durante los períodos de lluvia ocasionando un aumento de los niveles de aguas superficiales y subterráneas afectando así a la actividad minera a desarrollar, en el



mantenimientos de los caminos influye notablemente la acción del agua sobre la superficie provocando pequeños deslizamientos y también la erosión del suelo, durante el laboreo de los frentes mineros cuando se profundiza en busca de la zona mineralizada y se hace contacto con un manantial los frentes se llenan de agua impidiendo el desarrollo de las actividades, por lo que se hace necesario la construcción de diques para la desviación de las aguas.

5. Indicador de impacto ambiental: Esta dado por la afectación provocada al medio ambiente por el desarrollo de las actividades mineras, según investigaciones del CESIGMA, mostraron que el impacto ambiental ocasionado por la explotación minera está por encima de las normas establecidas, por lo que se hace necesario la puesta en marcha de regar agua a las escombreras para mitigar el polvo, tapar la cubierta de los camiones para evitar escape de polvo, colocar filtros en los tubos de escape del equipamiento para evitar la emisión a la atmosfera de gases contaminantes provenientes de la combustión interno de los mismos y trabajar en el sembrado de plantas para evitar deslizamientos en los bancos.

6. Indicador de volumen de escombros movidos. Se valoro a partir de la disponibilidad de equipos disponibles que posee la UBM para lograr la efectividad de esta actividad , depende también de la productividad y del mantenimiento del equipamiento, dicho indicador esta dado por la distancia a recorrer durante el traslado del material, siendo más productivo si la distancia es relativamente corta, de también de la abrasividad del material a transportar ya que esta material durante su traslado queda adherido a la superficie de la cama del camión disminuyendo la productividad de material movido. En estos camiones es vital el mantenimiento ya que durante esta actividad al vencer las condiciones del camino y las condiciones climaticas sufren mucho desgaste por lo que una rotura de estos equipos traería consigo la disminución de la productividad y se tardarían más días en el traslado del material.

7. Indicador de calidad del mineral. En este indicador entran a jugar muy de cerca muchas actividades, como el análisis de por ciento de níquel en cada muestra dado por el cumplimiento de la ley de níquel que es de 0,9% y por la presencia de aquellos agentes contaminantes presentes en la mezcla como (serpentinita, sílice, magnesio), la homogenización del mineral debido a que llegan a los depósitos minerales de diferentes



frentes de arranque , algunos cumplen con el por ciento de níquel deseado por lo que estos yacimientos fueron los primeros en explotarse y después los que no cumplían, por lo que eso trajo consigo la explotación irracional de áreas que no cumplían con el porcentaje de níquel exigido afectando así al medio ambiente, las migraciones de especies endémicas etc. esta explotación desmedida de áreas conlleva a que hoy en día se mezcle o se homogenice para obtener la muestra idónea.

8. Indicador de aprovechamiento de mineral. Se valoro a partir de las actividades que se realizan en la planta de preparación de mineral, el cribado de mineral se ve afectado por el grado de humedad relativa del mineral que llega a esta con una humedad relativa de 32%, formando bola de fango tuyendo los orificios de las cribas entorpeciendo el proceso y parando el proceso hasta solucionar este problema. Después de pasar por esta etapa del proceso, arriba a la planta de secado, donde una vez allí se gasta mucha energía en secar el mineral ya que el proceso de obtención del níquel es seco.

9. Indicador de explotación. Dado principalmente por parámetros que se deben cumplir durante le extracción de este material útil para el proceso de níquel, la recalificación del personal es muy importante lo que trae consigo que se cumplan con mayor calidad y se extienda la vida útil del equipo, la construcción de la plataforma para ubicar la Dragalina, esta actividad es muy importante debido a que el equipamiento usado es una retroexcavadora marca (dragalina) que para desplazarse utiliza brazos y para llevar a cabo la extracción debe estar situada sobre esta plataforma, por lo que trae consigo que se pierda mucho tiempo en la construcción de esta plazoleta, distancia se seguridad entre el equipamiento y el borde superior del banco, ya es muy importante ya que si se cumplen todas estas normas podemos evitar muchos accidentes dentro de la mina, además de las señalizaciones que ayuda a identificar en que zona de la mina se está trabajando y que se debe hacer en esos casos.

10. Indicador de seguridad minera. Durante el diseño de este indicador entraron en jugar medidas de seguridad que se debían cumplir durante la realización de esta actividad, se ha incumplido con los medios de seguridad asignado a cada trabajador que los mismos por razones desconocidas ya no lo tienen en su poder, como los turnos de por la noche por llevar puesto el chaleco lumínico o fosforescentes han ocurrido accidentes, durante el



llenado de la cuchara de la dragalina, no debe haber ningún obrero en el frente, evitando así cualquier accidente, no se debe ir reguindado a la puerta del conductor cuando el camión está en marcha, no se deben subir a la cama del camión cuando está llena de material útil, estas medidas debe cumplirse al máximo.

11. Indicador de pérdidas mineras. Permite valorar el comportamiento de las pérdidas del mineral. Se identifica con la cantidad de mineral dejado de extraer por limitaciones tecnológicas del equipo con que se está extrayendo, además de aquellas que quedan adheridas a la superficie de la cama del camión debido a su abrasividad, también por la mala planificación o ejecución de la minería, además de las pérdidas que se dejan por concepto de coloración es decir del paso de un estado del mineral a otro.

12. Indicador de mantenimiento de equipos. Este indicador es de vital importancia debido a que aquí se prevé que se le realice un mantenimiento para su utilización en adecuado para que se encuentre en óptimas condiciones para que realice cualquier actividad que se encomiende, además de donde se realice el mismo ya que afectaría menos al proceso de explotación y del número de piezas que se le han desgastado o afectado durante la vida útil del equipo. De mantenimiento que se le realice al equipo depende la disponibilidad técnica que presenta la UBM de la empresa para satisfacer la necesidad de camiones para lograr un mayor rendimiento de cada actividad.

13. Indicador de gasto de combustible/kilómetro. Aquí se deben tener en cuenta muchos factores como el mantenimiento de los caminos, esta actividad es vital debido de esto depende el desgaste mínimo de las piezas de estos equipos por lo que aumentaríamos la vida útil del camión, también tiene notable importancia las condiciones climaticas, con la caída de agua durante los periodos de lluvia hace intransitable estos caminos que con la ayuda de el aumento de la pendiente de los caminos minimizamos la vida útil de los camiones, habiendo roturas de mangueras y de filtros entre otras cosas.

14. Indicador de comportamiento del proyecto de cierre de las actividades mineras. En este indicador es de vital importancia ya que esta empresa no cuenta con un proyecto de cierre de minas, ya que han terminado la actividad minera en tres de sus yacimiento y no han sabido que van a hacer con estas áreas, Éste es un documento oficial en el cual queda



aclarado que uso se le va a dar a esas áreas después de concluidas la explotación de esos yacimientos y si este puede ser temporal o total.

15. Indicador de valoración del factor de rehabilitación del terreno. En este indicador se toman en cuenta muchos factores como el grado de utilización de la capa orgánica proveniente de la etapa de desbroce, tipo de suelo, si el suelo a cultivar es fértil o es de baja calidad para el sembrado, analizar la vegetación a sembrar allí, si retoñara o se marchitara, además de analizar la vida de esta vegetación y si necesita a grandes rasgos de la mano del hombre. Otro a tener en cuenta es la cantidad de áreas a revegetar después culminar la extracción del mineral, y último la uniformidad de la vegetación, trayendo consigo una mejor visibilidad en estas áreas.



CONCLUSIONES

1. Se obtuvo el diagnóstico general de la UBM en cada uno de sus yacimientos a partir de la caracterización geológico minera y de los procesos tecnológicos que se realizan para la explotación de los recursos minerales existentes.
2. Los resultados obtenidos del diagnóstico geopotencial de la UBM de la Comandante Ernesto Che Guevara, indican la necesidad de incorporar de manera integral aspectos minero-ambientales y socio-económicos, que contribuirán a tomar decisiones encaminadas a aumentar el rendimiento de los equipos en estas actividades mineras.
3. Se propusieron indicadores minero-ambientales para la explotación responsable de los yacimientos de la UBM de la empresa comandante Ernesto Che Guevara.



RECOMENDACIONES

1. La aplicación inmediata de este sistema de indicadores minero-ambientales propuesto para aumentar la calidad de la toma de decisiones en la UBM de la empresa minera comandante: Ernesto Che Guevara con el objetivo de proyectar la explotación de sus yacimientos lateríticos para contribuir al logro del desarrollo sostenible de esta empresa.

A la Empresa:

1. La aplicación inmediata del sistema de indicadores minero-ambientales propuesto para aumentar la calidad de la toma de decisiones en la UBM de la Empresa Comandante: Ernesto Che Guevara con el objetivo de proyectar la explotación de los yacimientos lateríticos y contribuir al desarrollo responsable.

A la Dirección del Departamento:

2. Revisar los objetivos básicos de las prácticas de producción para que el estudiante logre una mayor familiarización con la Empresa, desde la carrera y un mejor desempeño como Ingeniero de Minas.



BIBLIOGRAFÍA

.ALEMÁN PARRA Jorge Luis; Estudio del impacto Ambiental en la cantera (Los Guaos), Tesis en opción al título de ingeniero en minas Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa año 2004..

.ARPAJÓN CASTAÑEDA Yánicer; ``Propuesta de un sistema de gestión ambiental para la subdirección de minas de la empresa Moa –Níquel S.A-Pedro Sotto Albá,`` Tesis en opción al título de ingeniero en minas Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, año 2005.

BONACHEA, GÓMEZ Lázaro Yaniel: Actualización del proyecto de explotación del yacimiento Camarioca Este de *la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara*. Proyecto de Curso. Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, año 2010.

.COLECTIVO DE AUTORES: Caracterización de los principales focos de contaminación y medidas correctoras del impacto en la mina Cmdt.: Ernesto Che Guevara, año 1995.

.CALDERÓN ALDAMA: Estudio del impacto ambiental en el proceso Tecnológico en la salinera de Guantánamo, Tesis en opción al título de ingeniero en minas año (2005-2006).

CARDENAS, Juan Camilo y Olga FONSECA (1996). Sistema de indicadores para el seguimiento de la gestión ambiental - SISGA-. Universidad Javeriana, Bogotá.

CARPIO VEGA, ANGULO ARGOTE, JATSIYANIS ROSADO: Diseño de un sistema de indicadores ambientales para minería del carbón en Colombia, Caso minas del departamento del Cesar, Colombia. Año (2008), p (13-17).

CRIZÓN Isabel y GUERRERO Eduardo (1999). Implementación de un Sistema de Indicadores de la Gestión Ambiental para corporaciones autónomas regionales SISGA-. Universidad Javeriana, Bogotá.

.COLCHA AYALA: Estudio del impacto ambiental en la planta metalúrgica Comimach, provincia de Azuay,(Ecuador), Tesis en opción al título de ingeniero en minas, Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa, año 2008.

Caso de estudio Parque minero Mochuelo Bogotá, Colombia. En La minería en el contexto del ordenamiento territorial. Estudio de Casos, Río de Janeiro: CNPq/CYTED, 2002. p. 106-125.



EMPRESA CMDTE. ERNESTO CHE GUEVARA (ECECHG). Subdirección Minas. Plan Anual de minería. Informe. Base de datos 1998-2002. Moa, 2003.

EMPRESA CMDTE. ERNESTO CHE GUEVARA, (ECECHG). Subdirección Minas. Consejo de seguridad minera. [Informe Técnico]. 2002. 14 p.

EMPRESA CMDTE. ERNESTO CHE GUEVARA, (ECECHG). Subdirección Minas. Reporte Técnico. Informe. Base de datos 1998-2002. Moa, 2003.

GUERRERO ALMEIDA D., R. GUARDADO LACABA y R. BLANCO TORRENS. La conservación del patrimonio geológico y minero como medio para alcanzar el desarrollo sostenible. *Minería y Geología*. 20(1). 2003.

GUERRERO ALMEIDA D. R. BLANCO T. y R. WATSON Q. Abandono y cierre de minas. En *Cierre de Minas: experiencias en Iberoamérica*. Río de Janeiro: CYTED/IMAAC/UNIDO., 2000. p. 274-286.

.Monograma sobre las leyes de minas (76 y 81) problemas Ambientales en Moa hasta 1987. [Informe Técnico]. Instituto Superior Minero Metalúrgico. Moa, 1987. 5 p.

MADEN BETANCOURT, M. Programa de educación ambiental no formal e informal para el territorio de Moa. Tesis de maestría. Facultad de Geología y Minería del ISMM. Moa, 2001. 105 p.

MONTERO PEÑA: "El desarrollo compensado como alternativa a la sustentabilidad en la minería (aprehensión ético-cultural)", La Habana 2006, Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Filosóficas.

ROMERO FERNÁNDEZ, A. Impacto Ambiental de la Industria de Materiales de la Construcción en las provincias de Holguín y Santiago de Cuba. Tesis Doctoral. Centro de Información Científico Técnica. ISMMM, 1999. 137 p.

RODRÍGUEZ, MATEO, J. M. Situación Medio Ambiental en Cuba y perspectiva de aplicación de los principios del Desarrollo sostenible. *Estudios Geográficos*. 57. (223), 1996. p 25-27.

SÁNCHEZ, M. E. y J. F. CÁRDENAS. Lineamientos de ordenamiento ambiental territorial y la minería.

VILLAS BOAS, C.R. Cierre de Minas: Experiencias en Iberoamérica. Río de Janeiro: CYTED/IMAAC/UNIDO, 2000. 581 p.



VALLEJO RAPOSO, O.; R. GUARDADO LACABA. Propuesta de Indicadores Ambientales Sectoriales para el Territorio de Moa. Minería y Geología 17(3-4): 33-37, 2000.

VILLAMIL Javier. Soberanía, “ Los Recursos Mineros y la Gran Minería torio, II Sesión Recursos Naturales y Minero-Energéticos”, año 2004.



ANEXOS

ANEXO-1 GLOSARIO DE TÉRMINOS

Acumulaciones Residuales: Acumulación de material sólido, o líquido no aprovechables en un proceso tecnológico determinado.

Cárcavas: Pequeñas orificios o cavernas que se encuentra en el interior del macizo.

Concentraciones de mineral: Acumulación natural de minerales.

Escombreras: Conjunto de sobrantes originados como consecuencia del laboreo minero que será aprovechable con el desarrollo de una tecnología consecuente.

Escóriales: Lugares de acumulación de los residuos desechables de un determinado proceso industrial metalúrgico; estos residuos pueden ser reutilizados mediante la aplicación de otros procesos industriales para extraer sus componentes.

Exploración: Conjunto de operaciones, trabajos y labores mineras que tienen como objetivo la determinación de la estructura del yacimiento, la morfología, dimensiones y condiciones de yacencia del cuerpo mineral, la tectónica de la zona que lo contiene, el contenido y calidad del o de los minerales existentes en el mismo, así como el cálculo de las reservas, incluyendo la evaluación económica del yacimiento y otros estudios que ayuden a su mejor explotación.

Explotación: Conjunto de operaciones, obras, trabajos y labores mineras destinadas a la preparación y desarrollo del yacimiento y a la extracción y transportación de los minerales.

Impacto Ambiental: Consecuencias degradantes para el medio ambiente que genera la acción del hombre u otro elemento ajeno ha dicho medio.

Laboreos: Arte de explotar las minas, haciendo las labores o excavaciones necesarias, fortificándolas, disponiendo el tránsito por ellas y, extrayendo las menas aprovechables.

Ley del Mineral: Concentración de metal contenido en una mena.

Mena: Porción útil de un mineral metalífero.

Microlocalización: Selección en detalle del área del terreno objeto de la concesión.

Mina: Obra resultante del conjunto de excavaciones e instalaciones superficiales y subterráneas que se realizan para la investigación y la explotación de un yacimiento mineral.



Minería: Arte de laborar el conjunto de las minas y explotaciones mineras.

Mineral: Sustancia inorgánica que se halla en el suelo o en el subsuelo, y principalmente aquella cuya explotación ofrece interés económico.

Mineral Principal: Es aquél que constituye el objeto básico de la actividad minera dentro de un yacimiento.

Mineral Radioactivo: Mineral que contiene, entre otros, elementos de las familias del uranio y del toro, que por su concentración generalmente puede ser aprovechado la industria.

Operaciones Mineras: Son las actividades que se realizan en la mina con la ayuda de instrumentos y equipos apropiados para la investigación y explotación del mineral.

Procesamiento: Tratamiento de los minerales explotados para elevar su calidad o contenido útil, separarlos, purificarlos, adecuarlos para el consumo o envasarlos, con vistas a su uso o comercialización.

Proceso Tecnológico del Recurso Mineral: Fases por las que atraviesan los minerales extraídos para su adecuado aprovechamiento.

Prospección: Conjunto de trabajos con empleo de técnicas y métodos que tienen como objetivo la búsqueda de indicios y concentraciones minerales que pudieran constituir yacimiento.

Reconocimiento: Realización de trabajos preliminares en determinadas áreas, definiendo zonas de interés para la prospección.

Reserva del Mineral: Cantidad de mineral con un determinado grado de evaluación geológica y pendiente de explotación mineral.

Roca de Caja o de Destape: Material rocoso y estéril que forma parte del yacimiento y que obstaculiza la extracción del mineral, por lo que en ocasiones tiene que ser removido.

Subsuelo: Porción compuesta por rocas y minerales que se encuentra inmediatamente por debajo del suelo, sobre el cual las leyes establecen el dominio público, que puede ser otorgado mediante concesiones para la actividad minera.

Suelo: Capa superior de la superficie terrestre en las cuales están enraizadas las plantas, y



que constituye un medio ecológico particular.

Tratamiento de los Residuales: Proceso de descontaminación parcial o total de los remanentes o desperdicios del proceso tecnológico a que se somete el mineral.

Yacimiento: Cualquier acumulación natural de sustancias minerales en el suelo o en el subsuelo, que pueda ser utilizado y explotado como fuente de materia prima y como fuente de energía, y las concentraciones de piedras preciosas y semipreciosas y de cualquier otra sustancia mineral cuya explotación tenga importancia económica.

Zona de Interés: Lugar donde se han localizado anomalías, muestras o alteraciones geológicas que permiten presumir la existencia de minerales.

Zona Mineralizada: Es aquella extensión del suelo o subsuelo en la que se encuentran concentraciones de mineral de aprovechamiento económico.

Lixiviación: Aplicación de productos químicos para filtrar y separar el metal del resto de los minerales.



ANEXO-2 Ubicación geográfica de la concesión minera Empresa comandante Ernesto Che Guevara.



ANEXO. 3- Esquema de arranque y carga.





ANEXO 4 Desbroce con buldócer



ANEXO. 5- Destape con la utilización de retroexcavadoras y dragalinas.





ANEXO. 6

Tabla No.1- Relación de equipos de transporte en la Unidad Básica Minera.

Línea de equipo	Marca	Modelo	Tipo de contrato	Cantidad de equipo	Destino	Estado técnico
Camiones articulados	VOLVO	A40D	Leasing	6	Depósito	Regular
Camiones articulados	VOLVO	A40D	Leasing	8	Escombro	Bueno
Camiones articulados	VOLVO	A40D	Leasing	5	Mineral	Bueno
Camiones articulados	VOLVO	A40E	Leasing	7	Mineral	Bueno
Total de camiones				26		

Tabla No.2- Relación de equipos auxiliares en la Unidad Básica Mina

Línea de equipo	Marca	Modelo	Tipo de contrato	Cantidad de equipo	Destino	Estado técnico real
Moto niveladora	GALION	830B	Compra	1	Caminos	Regular
Moto niveladora	VOLVO	G780B	Compra	1	Caminos	Bueno
Subtotal				2		
Cisterna combustible	VOLVO	AD25	Leasing	1	Mina	Malo
Trailla sobre estera	RUSA	D65A	Convenio comercial	1	Camino	Regular



Tabla No.3- Relación de equipos de arranque y carga en la Unidad Básica Mina.

Línea de equipo	Marca	Modelo	Tipo de contrato	Cantidad de equipo	Destino	Estado técnico
Retroexcavadora	LIEBHERR	R-974	Compra		Mineral	Regular
Retroexcavadora	LIEBHERR	R-974	Compra	1	Deposito	Bueno
Retroexcavadora	LIEBHERR	R-984	Compra	1	Escombros	Bueno
Retroexcavadora	VOLVO	EC-460BLC	Leasing	2	Escombros	Malo
Retroexcavadora	VOLVO	EC-210BLC	Leasing	1	Limpieza de tolva	Bueno
Construimport	HITACHI	800HD	Alquiler	2	Mineral	1 Malo, 1 regular
Subtotal				6		
Cargador frontal	VOLVO	L220E	Leasing	4	Escombros y depósito	4 bueno
Cargador frontal	VOLVO	L220E	Leasing	3	Depósitos	Bueno
Cargador frontal	VOLVO	L120E	Compra	2	Escombros	Regular
Subtotal	VOLVO			7		
Dragalina	RUSA	ESH 5/45	Convenio comercial	5	Mineral	2mal y 3 regular



ANEXO: 7 Tabla que relaciona las fases del proceso de explotación de níquel con sus actividades mineras, las actividades invariantes dentro de cada actividad y los indicadores.

FASES	ACTIVIDADES	INDICADORES	ACTIVIDADES INVARIANTES
Preparación de la mina	Desbroce	1→Indicador de calidad del paisaje	<ul style="list-style-type: none"> ›Tipo de vegetación. ›Espesor de la capa a extraer. ›Cantidad de hectáreas removidas. ›Calidad de la vegetación
		2→Indicador de aprovechamiento de reservas	<ul style="list-style-type: none"> ›Propiedades geomorfológicas del suelo. ›Por ciento de níquel o ley. ›Condiciones climática. ›Espesor de la capa a extraer.
	Destape	3→Indicador de volumen de escombros extraído	<ul style="list-style-type: none"> ›Espesor de la capa a extraer ›Coloración de esta capa. ›Tecnología a emplear. ›Productividad del equipamiento.
	Construcción de caminos	4→Indicador de impacto hídrico	<ul style="list-style-type: none"> Mantenimiento de los caminos. ›Construcción de diques ›Construcción de zanja.
	Construcción de escombreras	5→Indicador de impacto ambiental	<ul style="list-style-type: none"> ›Roseado de agua sobre el escombros. ›Sembrar plantas para evitar posibles deslizamientos. ›Adición de electro filtros a camiones.
		6→ Indicador de volumen de escombros movidos	<ul style="list-style-type: none"> ›Estado del material transportado. ›Capacidad del camión. ›Humedad del material. ›Distancia a recorrer por los camiones. ›Estado de los caminos. ›Productividad de la tecnología
Explotación	Arranque-Carga	7→Indicador de calidad del mineral	<ul style="list-style-type: none"> ›Analizar el porcentaje de níquel. ›Verificar las propiedades del material. ›Humedad del material a extraer. ›Homogenización del mineral.
		8→ Indicador de explotación	<ul style="list-style-type: none"> ›Distancia se seguridad entre el equipamiento y el borde superior del banco.



			<ul style="list-style-type: none"> › Ubicación de señalizaciones en áreas de descargas de mineral. › Recalificación del personal que hace uso del equipamiento.
		9→Indicador de aprovechamiento de mineral	<ul style="list-style-type: none"> › Tamaño de los orificios de las cribas. › Humedad relativa del mineral. › Cantidad de energía que se requiere. › Abrasividad del mineral.
		10→Indicador de seguridad minera	<ul style="list-style-type: none"> › Construcción de la plataforma para ubicar la Dragalina. › Cumplimiento de las medidas de seguridad por parte del personal. › Llena completo del cucharón de la Dragalina.
		11→Indicador de pérdidas	<ul style="list-style-type: none"> › Eliminación total del material viajero. › Limpieza de la cama del camión por una retroexcavadora. › Pérdidas por concepto de tecnología. › Mantenimiento de los caminos. › Pérdidas por el espesor de la capa a extraer.
		12→Indicador de mantenimiento de equipos	<ul style="list-style-type: none"> › Tipo de mantenimiento del equipo. › Número de piezas a cambiar. › Lugar donde se realice.
	Transporte	13→Indicador de gasto de combustible/kilómetro	<ul style="list-style-type: none"> › Llenado total de la cama del camión. › Eliminación total del material viajero. › Limpieza de la cama del camión por una retroexcavadora.
	Cierre de minas	14→Indicador de comportamiento del proyecto de cierre de las actividades mineras	<ul style="list-style-type: none"> › Utilidad de la mina después de culminada la actividad minera
	Rehabilitación minera	15→ Indicador de valoración del factor de rehabilitación del terreno	<ul style="list-style-type: none"> › Áreas a revegetar en la mina. › Uniformidad de la vegetación. › Grado de utilización de la vegetación proveniente del desbroce.