

## **CRITERIOS GENERALES DE SOSTENIBILIDAD PARA LA ACTIVIDAD MINERA**

\*Ing. *Diosdanis Guerrero Almeida* e Dr. *Roberto Blanco Torrens*

\* Profesor Asistente del Departamento de Minería del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”. Las Coloradas S/N. Moa. Holguín. Cuba. CP: 83329. Telef: 6-8190. Fax. (53) (24) 6-2290 - e-mail # 1: [dguerrero@ismm.edu.cu](mailto:dguerrero@ismm.edu.cu)  
e-mail # 2: [diosdanisg@yahoo.es](mailto:diosdanisg@yahoo.es)

---

### **RESUMEN**

La explotación y extracción minera es de vital importancia para la subsistencia del hombre actual, pero a su vez esta deja marcas indelebles al medio ambiente, pudiendo causar problemas de orden social, económico, político y cultural en el lugar donde se encuentra el yacimiento.

Como desarrollar una minería sostenible, que garantice las necesidades actuales de la sociedad, sin poner en riesgo la de las futuras generaciones y al mismo tiempo proteger el medio ambiente, es el gran desafío que se coloca, no solo al sector minero, sino también a los gobiernos de los países.

Estos y otros elementos son parte del siguiente trabajo investigativo, el cual tiene como objetivo la identificación de criterios generales que garanticen alcanzar la sostenibilidad en la explotación minera.

Para darle cumplimiento a dicho objetivo los autores hacen uso de métodos observacionales y experimentales, a partir de visitas realizadas en minas tanto activas como inactivas ubicadas en América Latina y otras partes del mundo. Los resultados demuestran su gran aplicabilidad en aquellos lugares donde se den condiciones análogas.

## **INTRODUCCION**

El desarrollo tecnológico, económico y social, la globalización, la revolución de la comunicación, la presión de los mercados financieros, las necesidades urgentes de los pobres del mundo, la necesidad de respetar la diversidad cultural, el imperativo del respeto a los derechos humanos, la necesidad de eliminar los peligros ambientales, de proteger la biodiversidad biológica así como la conservación y utilización racional de los recursos naturales, ofrecen un reto a la humanidad y al sector minero en especial, en un mundo donde han ocurrido cambios drásticos y dramáticos en los ámbitos demográficos, económico y ecológico que han llevado a las naciones y a la comunidad internacional a la adopción de medidas globales, regionales y nacionales para prevenir, atenuar y controlar estos impactos y desequilibrios.

En este panorama internacional, la industria minera desempeña un papel importante en la economía de muchos países tanto industrializados como en desarrollo. Sin embargo, también figura entre los sectores industriales cuya actividad entraña la emisión o descarga de enormes cantidades de contaminantes en el medio ambiente. Cada etapa de la producción de un metal se puede asociar hasta cierto punto con un impacto para el medio ambiente. Este efecto puede ser aún mayor por la magnitud misma de la industria y por el tipo de contaminantes que genere.

Es por eso que se recomienda que la industria minera adopte la filosofía de la sostenibilidad como objetivo principal para su planeamiento estratégico a corto, mediano y largo plazo. Para ello es importante tener criterios que sirvan de guía para alcanzar el desarrollo sostenible. Como enfrentar este reto, es el tema tratado en este trabajo investigativo, el que está basado en experiencias internacionales adquiridas por los autores durante visitas de trabajo realizadas a diferentes minas tanto activas como inactivas de diversos países del mundo.

## **DESARROLLO**

El sector de la minería presenta un desafío interesante en cuanto a la reducción de sus impactos medioambientales. Estos impactos incluyen las emisiones de contaminantes durante el periodo de las actividades mineras; la transformación del terreno y la creación de condiciones que pueden conducir a los problemas ambientales en el futuro.

Dicho sector está sujeto a un número de tendencias poderosas, las cuales definirán el ambiente de negocios en el que la industria operará en este nuevo siglo. Tal vez ninguno de estos desafíos es mayor que el llamado por una transición global hacia el Desarrollo Sostenible, basado en una visión de alcanzar una mejor calidad de vida para la población mundial de hoy.

Estas problemáticas han sido objeto de estudio y discusiones, sobre todo en las últimas décadas en diferentes partes de nuestro planeta, por expertos y grupos de investigación, en foros, reuniones y cumbres internacionales donde se han aprobado Proyectos y estrategias generales y específicas, que prevén soluciones para satisfacer las necesidades de las actuales y futuras generaciones y lograr con ello el llamado Desarrollo Sostenible.

Para alcanzar el desarrollo sostenible en cualquier actividad humana es necesario primero tener una definición detallada o al menos poseer la claridad necesaria sobre el significado de este concepto, pues se puede fácilmente incurrir en errores y llevar a confusión.

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza ha conceptualizado el desarrollo sostenible reconociendo las distintas dimensiones que necesariamente apuntan al logro de sus metas. Se trata de un avance significativo respecto a la forma general en que había sido planteado por la Comisión Brundtland en 1987, y que Julio Carrizosa caracteriza en los siguientes términos:

*“Es un proceso de mejoría económica y social que satisface las necesidades y valores de todos los grupos de la población, manteniendo las opciones futuras y conservando los recursos naturales y la diversidad” [Carrizosa, (1992)].*

Sobre el escepticismo de mucha gente que se pregunta si el término sostenibilidad es aplicable a una industria como la minera, basada en recursos no renovables, Patrick Moore expone dos argumentos que dan respuesta a dicha interrogante cuando expresa:

*“La gente no entiende el real significado del concepto de sostenibilidad. Primero, conviene recordarle que no necesariamente porque un recurso sea no renovable pronto desaparecerá. El hierro, el cobre, el manganeso, el titanio y el aluminio son buenos ejemplos de minerales cuya producción puede ser sostenida en un futuro previsible. Segundo, la sostenibilidad es un concepto relativo, no es absoluto. Nada es para siempre, aún el sol explotará en tres o cuatro billones de años y entonces no es perfectamente sostenible. La sostenibilidad es una orden perentoria para todos los segmentos de nuestra sociedad pero cumplirla no debería ser más difícil para la industria minera que para cualquiera. Recomiendo que la industria adopte la filosofía de la sostenibilidad como su objetivo central para el planeamiento estratégico” [Moore, (1997)].*

Como se aprecia, este es un concepto complejo que incorpora los siguientes principios, cada uno de los cuales es aplicable en una u otra forma a las actividades de desarrollo:

- La sostenibilidad ecológica.
- La sostenibilidad social.
- La sostenibilidad cultural.
- La sostenibilidad económica.

Por otro lado, muchos autores, [tales como Mercado, (1995) y otros], se han pronunciado por el término de sostenibilidad el cual

implica la mantención en el tiempo de un determinado fenómeno o proceso. Otros investigadores generalmente asocian este concepto al de renovabilidad de los recursos naturales renovables solamente, sin considerar su aplicabilidad a los no renovables, [ICSED, op. cit.].

Los recursos no renovables, de los que hace uso y explotación por ejemplo la actividad minera, son aquellos que poseen una tasa de renovación muy baja, en términos del marco del tiempo relevante para los seres humanos, por lo que se puede considerar como una tasa prácticamente nula, [Mercado, (1995)]. Esto implica que mientras mayor sea su tasa de extracción, en algún momento del tiempo estos recursos se agotarán.

Según este análisis, la explotación y uso de los recursos naturales no renovables no pueden ser por sí solos sostenibles pues estos se agotan debido a que generalmente la tasa de extracción de estos es mayor que su tasa de regeneración. Sin embargo, al considerar que los sectores que hacen uso y explotación de los recursos naturales no renovables, forman parte de un gran sistema, entonces se puede hablar de desarrollo sostenible de este sistema. Dicho sistema está integrado por un conjunto de subsistemas relacionados entre sí tales como el ecológico, el económico y el social.

Es por ello que en esta interrelación, para lograr la sostenibilidad en la actividad minera se deben tener en cuenta y cumplimentar un conjunto de acciones surgidas a partir del dominio y aplicación de conceptos básicos, muchos de los cuales dependen de técnicos, directores y empresarios de las minas, en tanto que otros, como por ejemplo, el precio del mineral en el mercado internacional son variables y no dependen de su voluntad, [Guerrero, (2001b)].

En tal sentido, y tomando como base estudios realizados en diversas minas tanto activas como inactivas, de diversas partes del mundo; consideramos que para alcanzar esta compleja meta, es necesario la aplicación de los siguientes criterios generales:

1. Perfeccionamiento de la actividad minera.
2. Mejoramiento de las condiciones de seguridad en la mina
3. Mitigación del impacto ambiental causado por laminería.
4. Utilización del equipamiento adecuado a las condiciones de cada yacimiento.
5. Uso racional e integral de los recursos mineros y minerales para el beneficio comunitario.
6. Disminución de amenazas y peligros geoambientales y geodinámicos.

### **Perfeccionamiento de la actividad minera**

La explotación minera debe estar sustentada sobre el estudio de las características geomecánicas del macizo rocoso, de los elementos de yacencia del cuerpo mineral y de otros factores geólogo-mineros que deben ser caracterizados en la medida que avanzan los trabajos mineros. No siempre los resultados de los trabajos investigativos obtenidos en el laboratorio coinciden con los de la campo, pues el macizo rocoso es un medio físico de gran complejidad que posee una serie de particularidades y fenómenos que se manifiestan en él, lo que incide notablemente durante su explotación.

El perfeccionamiento de la actividad minera en general, constituye un punto de vital importancia. Es por ello que tanto en las operaciones principales como en las auxiliares de la explotación del yacimiento se toman medidas tendientes a lograr este objetivo. Para cumplimentarlo, es necesario la utilización, de tecnologías y Sistemas de Apertura y Explotación de avanzada, desde las etapas iniciales de los proyectos mineros, a partir del conocimiento integral del macizo, de manera que se garantice un mínimo de afectaciones al Medio Ambiente y que permitan alcanzar elevados índices de Explotación minera con un mínimo costo.

Es recomendable hacer uso incluso desde las fases de prospección, búsqueda y exploración geológica de medios y métodos que disminuyan los efectos negativos ocasionados al medio ambiente. Uno de estos métodos pudiera estar vinculado con la eliminación de caminos de exploración los que generalmente ocasionan grandes perjuicios a la flora y fauna local. Este método puede ser sustituido por la realización de socavones (para el caso de yacimientos de montaña), o excavaciones auxiliares de exploración. Esta variante tendría como ventaja además de la anteriormente dicha; la posibilidad del uso en el futuro de dichas excavaciones para la apertura del yacimiento u otros nuevos cuerpos.

Tanto en las etapas de exploración como en las de apertura, desarrollo y explotación, el hombre históricamente ha hecho uso de los medios topográficos, que le han servido de apoyo para la realización de diversos trabajos y la solución de problemas complejos, así como para crear las bases en la construcción o edificación de obras ingenieriles. Sin embargo, la solución de estos problemas con métodos tradicionales topográficos han ocasionado considerables daños al Medio Ambiente y a la naturaleza (deforestación, alteración de la flora y la fauna, etc.).

Es importante tener en cuenta, desde el Proyecto, todo lo concerniente a la etapa de Cierre y su control ulterior, para garantizar en las condiciones más favorables su status con el menor impacto socio-ambiental y el mejor aprovechamiento de los recursos minerales. Otro elemento a valorar es la posible importancia de la mina desde el punto de vista del patrimonio en ella existente, el cual debemos considerar como elemento de valor histórico. Todo lo anterior trae consigo una vinculación estrecha con la comunidad, por lo que son aspectos que tienen además de un significado económico y ambiental, un alto valor social.

En estudios realizados en los yacimientos níquelíferos cubanos, se ha detectado que durante la etapa de exploración

geológica, gran cantidad de hectáreas de bosques han sido desbastadas con la finalidad de construir caminos y brechas. De igual manera se ha comprobado que con el desarrollo de los trabajos mineros estas afectaciones alcanzan un mayor grado.

Es conocido que la topografía tradicional se fundamenta en la construcción de poligonales de rodeo, enlace, ida y vuelta, intersecciones directas e inversas; con los posteriores cálculos que culminan en la confección del Plano. Esta rama minera explica que durante la realización de levantamientos en zonas montañosas y boscosas así como en lugares de pendientes pronunciadas, se deben realizar caminos y trochas para obtener mayor visibilidad que permita divisar la señal, hecho este que conlleva a la alteración del ecosistema.

Estos métodos pueden ser modificados con el empleo de nuevas tecnologías, lo cual disminuiría considerablemente los daños y afectaciones ocasionados al Medio Ambiente. Para esto se hace necesario, la utilización racional de equipos automatizados tales como los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS), Estaciones Totales (Taquímetros Electrónicos), con los que no es necesario construir dichas poligonales.

En estos caso el levantamiento se realiza sin la construcción previa de poligonales, se obvian todos los pasos para calcular las coordenadas de los puntos ya que estas se obtienen directamente en el display del equipo o almacenada automáticamente en una tarjeta magnética que posteriormente se procesa a través del Sistema Operativo WINDOWS, con lo que se logra obtener los datos necesarios para la confección del Plano Topográfico haciendo uso del TOPO6 y SURFER, [Guerrero, (1999)].

Otra operación compleja que se debe tener en cuenta es la selección y aplicación correcta de los Métodos de Explotación del yacimiento. En este sentido y tomando como base los factores que influyen en la selección de un determinado Método de Explotación,



(Propiedades físico-mecánicas de la mena y de la roca de caja, elementos de yacencia, relieve, producción planificada de la mina, reservas geológicas existentes, morfología de los cuerpos minerales, equipamiento disponible, nivel de conocimiento del macizo, etc).

Es importante hacer uso de Sistemas de explotación donde el minado antiguo permanezca desocupado aún después de la extracción de la mena, (tales como los denominados Métodos de Explotación por Cámaras Abiertas), de manera tal que permitan el empleo de esos espacios mineros para otros fines económicos, sociales, estratégicos, turísticos, patrimoniales, etc. Es por ello que se recomienda la sustitución o no aplicación de aquellos sistemas que no brindan esta posibilidad; (tales como almacenamiento, relleno, fortificación etc), o aquellos que provocan una afectación notable al Medio Ambiente, elevando considerablemente los costos de explotación, (entre los que podemos señalar los Sistemas de Explotación por Bloc Caving, derrumbe por subnivel, etc.).

Por lo general este elevado costo de explotación está vinculado con problemas relacionados con los hundimientos y deslizamientos rocosos que ocurren en minas subterráneas y a cielo abierto, tal es el caso de la mina Las Merceditas (Cuba), donde como consecuencia de la recuperación desordenada de pilares intercamerales se han dado este tipo de situaciones que han gravitado notablemente sobre la eficiencia de la explotación de este yacimiento cromítico.

#### **Mejoramiento de las condiciones de seguridad en la mina.**

El cumplimiento de las medidas de seguridad en las minas, constituye uno de los elementos de vital importancia para alcanzar el desarrollo sostenible. Para alcanzar un status superior de desarrollo, es importante mantener la integridad física, psíquica e intelectual de los trabajadores y directivos de la empresa minera. Sin embargo, la práctica ha demostrado que esto no siempre es así. Generalmente, por

razones tecnológicas, económicas o de producción, se incurre en violaciones de las medidas de seguridad.

El contenido de polvo en la atmósfera generado principalmente por la utilización de sustancias explosivas durante la separación de la roca y el mineral del macizo o por los medios de transporte y carga utilizados en las minas afectan la salud de los trabajadores en los frentes de trabajo. Dicho polvo además, en parte es expulsado al exterior por las corrientes de aire, contaminando la atmósfera. Por otra parte, se produce polvo en una serie de labores que se realizan en la superficie de la mina (movimiento de equipos, planta de Preparación Mecánica; etc.), que afectan las condiciones de seguridad e higiene en la actividad minera. En tal sentido, es importante tener presente la aplicación de Esquemas de ventilación, (soplante, aspirante o combinado), que faciliten la evacuación rápida de los gases contaminantes, ubicados próximos a los frentes de trabajo. Es recomendable la explotación al máximo del esquema de ventilación por tiro natural si las condiciones geomineras lo permiten.

Otro factor que se debe tener en cuenta para lograr un perfeccionamiento de las condiciones de seguridad de la mina lo constituye el empleo de medios y equipos mineros seguros. El equipamiento minero produce también afectaciones al hombre y al Medio Ambiente. El ruido generado por los equipos (perforadoras manuales, telescópicas, martillos neumáticos, cargadoras frontales, camiones, tractores, motores eléctricos); en ocasiones supera a los 60-70 decibelios afectando al hombre que lo opera y a los que se encuentran en el frente de trabajo. Por lo general, los equipos que se emplean en las minas medianas o pequeñas, están desprovistos de cabinas con aislamiento acústico.

Por otro lado, los obreros no siempre utilizan los medios de protección individual, exponiéndose con esto a los efectos nocivos provocados por los ruidos tales como: sordera, fatiga, estrés, irritabilidad; dilatación de las pupilas; aumento de la producción de la

hormona tiroides, de adrenalina y de corticotropina; incremento del ritmo cardiaco; movimiento del estomago y del abdomen; reacciones musculares; constricción de los vasos sanguíneos; alteración del rendimiento en tareas síquicas y sicomoros e interferencia en la comunicación hablada. Durante estudios realizados en diversas minas ubicadas en la región oriental de Cuba, se ha podido determinar el nivel sonoro de algunas de estas fuentes de ruido, [Guerrero, (1999)].

<b>Fuentes de Ruido</b>	<b>Nivel Sonoro (en Decibelios)</b>
Explosiones	140.
Martillo Neumático	140.
Perforadora Telescópica	120.
Perforadora Neumática	120
Cargador frontal	100.
Camión, tractor, etc	80.

Estos datos nos demuestran por un lado la importancia que posee el uso de los medios de protección individual y colectivo en la actividad minera; y por otro la afectación que estas actividades pueden provocar sobre la salud de los trabajadores.

Otros estudios realizados en diversas minas activas del mundo han demostrado que, como consecuencia de un desconocimiento de las propiedades y del comportamiento estructural del macizo rocoso se han producido lamentables accidentes que han ocasionado la muerte de trabajadores así como la pérdida de equipos y materiales de la mina. Esto se ha manifestado en accidentes ocurridos durante el proceso productivo de minas cubanas tales como Merceditas, Amores, Matahambre, Júcaro; españolas como la Mina Rio Tinto; donde los principales afectados han sido los trabajadores desde el punto de vista psicológico o físico lo que trajo como resultado la disminución de los rendimientos de estos en el turno de trabajo, además de los inevitables daños económicos.

### **Mitigación del impacto ambiental causado por la minería.**

Con el desarrollo de la minería, se ha logrado extraer gran cantidad de minerales de la corteza terrestre que sirven como fuente de materia prima para elevar el nivel de desarrollo industrial de los países. En Cuba, por ejemplo importantes yacimientos de cobre, níquel, hierro, cromo, manganeso y oro, se comenzaron a explotar desde la etapa colonial a través de diversos Métodos. En la actualidad todavía se siguen explotando, aunque no con la misma intensidad ni con los mismos equipamientos.

Durante el período de explotación se ha descuidado considerablemente el efecto negativo que produce la minería sobre el Medio Ambiente. Sin tenerse esto en cuenta, gran cantidad de residuos y escombros son vertidos en diferentes lugares, ocupando espacios de terrenos fértiles notables. Otros daños ocasionados son objeto de estudio por varios investigadores y por instituciones nacionales que se han percatado de la importancia que tiene esta temática.

Es importante estudiar estos fenómenos para impedir a tiempo la degradación del ecosistema por actividad tan nociva como la minería. Por tanto, es necesario que desde las etapas iniciales incluso desde el Proyecto de explotación de la mina, se tengan estos elementos presentes para prever de forma cuantitativa y cualitativa los recursos que se deben destinar para restaurar o restablecer nuestro Medio Ambiente.

Como resultado de los trabajos realizados, se ha podido determinar que entre las afectaciones causadas al Medio Ambiente por la Explotación minera se enumeran las siguientes:

1. Ocupación de gran extensión de terrenos de la superficie, por las construcciones de superficie, las vías de acceso, las escombreras y otras causas.

2. Contaminación de los recursos hídricos tanto subterráneos como superficiales.
3. Contaminación atmosférica; en particular, por el polvo.
4. Afectaciones al paisaje, flora y fauna.
5. Problemas relacionados con la Protección e higiene del Trabajo y la Seguridad de las obras.

Durante los procesos asociados a la Minería grandes volúmenes de materiales son generados por remoción; una parte de ellos son transformados para obtener productos útiles y los desechos sólidos en cantidades mayores que el volumen útil son dispuestos en depósitos de desechos y colas mineras. La disposición segura de las colas y otros residuos mineros (incluidos los escombros) es reconocido hoy en día como el reto tecnológico más problemático dentro de la industria minera. Cada año de acuerdo con un estimado, más de 15 billones de toneladas de nuevas colas (la mayoría de las veces contaminadas con reactivos químicos) son depositadas en los alrededores de las plantas metalúrgicas. A pesar de estas respetables cifras prácticamente no existen bases de datos sobre los sitios de disposición de colas. Tampoco se brinda una visión total del fenómeno solo se encuentran el volumen y la composición físico-química de las colas.

Muchas compañías se resisten en la actualidad a aceptar la responsabilidad de la masiva acumulación de colas y es creciente la protesta internacional contra el crecimiento de las presas de colas y el desastre “endémico” de los residuos mineros. Esto ha llevado a varias compañías a buscar alternativas entre las que se destacan la reutilización de las colas que tienen contenidos metálicos utilizables con la posterior inertización de las mismas. Esto resuelve en cierta medida el problema de la biodisponibilidad de los metales pesados y el drenaje ácido, pero no resuelve el problema del volumen. Teóricamente el relleno de los mismos sitios de extracción, es una

buena alternativa, aunque esta implica la impermeabilización de estas áreas y la construcción de colectores del drenaje que encarecen de manera importante el proceso.

Durante los trabajos de investigación desarrollados en la mina Las Merceditas, se pudo determinar que la ubicación en la superficie aledaña a la mina de obras tales como los talleres, la Planta de Preparación Mecánica, la Minihidroeléctrica, los almacenes y albergues de los trabajadores, escombreras; ha provocado la ocupación de considerables cantidades de terrenos y la alteración del paisaje natural que existía anteriormente.

Por otra parte el hecho de verter materiales que constituyen rocas estériles de la explotación minera, ocasiona grandes daños sobre todo a terrenos que en un momento dado fueron fuente de alimentación de los pobladores cercanos a los yacimientos. En caso de yacimientos pequeños es recomendable realizar un estudio de prospección geológica a través de socavones de exploración que permitan eliminar caminos de exploración, los que provocan en gran medida la deforestación y deslizamientos de laderas con su consiguiente daño a la naturaleza.

Por lo general estas rocas se almacenan en las escombreras (existen en Las Merceditas, Cuba, aproximadamente 450000 t de escombros; en la mina Santo Domingo, en Portugal existen escombreras que tienen su origen en épocas precolombinas, donde se almacenan gran cantidad de material estéril), ocupando grandes extensiones de terreno, dañando la flora y la fauna y por consiguiente el equilibrio ecológico. Se conoce que en la mina Grande El Cobre situada en la provincia de Santiago de Cuba, las escombreras se ubicaron en una considerable área aledaña a esta, de manera tal que por esta causa se han perdido terrenos fértiles que pueden ser utilizados para otros fines.

En la mina Las Merceditas de la Región de Moa, el mal uso de la tecnología minera ha propiciado notables perjuicios, tales como

los derrumbes. La recuperación deficiente y no planificada de los Pilares intercamerales ha provocado derrumbes masivos como el ocurrido en marzo de 1987 el que ocupó un área de 600 m<sup>2</sup>. Este derrumbe afectó parcialmente la superficie del terreno con asentamiento máximo de 3,4 m y ángulo de derrumbe de 66<sup>0</sup>, [Guerrero, (2001a)].

En dicha mina, durante la explotación de las cámaras y debido a problemas geológicos y de producción en el período comprendido entre los años 1982/1987, la ubicación de los pilares fue variada, sin tener un control previo ni riguroso de las fallas ni del agrietamiento, trayendo como resultado serios problemas de deslizamiento en las rocas de caja. Así mismo, el 9/3/87 se produjo una afectación en la superficie producto a estas causas, con la aparición de una grieta que no superó los 0,50 m en el camino que conduce al socavón M-1 (cota 475). La separación de las grietas en algunos lugares no excedió los 0,2 m, hasta el momento no se han detectado derrumbes en otras partes. A partir de la zona de la cota 400 hasta el valle del río no se observan zonas de hundimiento, manteniéndose normal la vegetación.

Otro elemento que se debe tener en cuenta es la ubicación en la superficie de las minas de edificios y obras ingenieriles, de talleres con diferentes funciones, de las vías de acceso, de la planta de preparación y beneficio de minerales, de los depósitos de minerales y de las colas y escombreras; en la menor área posible de la superficie minera para evitar con esto una mayor ocupación de la superficie del yacimiento. Es importante tener presente la ubicación de estas obras en los llamados Complejos de Superficie los cuales brindan la posibilidad de ubicar varias obras en un mismo edificio con lo cual se disminuye la afectación al medio.

Estudios realizados a las aguas del río Jaragua demuestran el nivel de contaminantes que poseen debido al vertimiento de residuos provenientes de la explotación minera subterránea de la mina Las

Merceditas. Entre los elementos contaminantes que se vierten a este río se destaca la dunita. En el mejor de los casos se utiliza como material de la construcción. Esta roca por lo general se deposita en escombreras aledañas al lugar a pesar de que se han realizados estudios que demuestran su aplicabilidad en otras esferas de la economía nacional como por ejemplo: sirven como materia prima refractario, para la producción de pinturas antiadherentes, para la obtención de mezclas de moldeo y para machos en los talleres de fundición.

En los yacimientos de manganeso ubicados en la provincia de Santiago de Cuba, el entorno ha sufrido notables daños debido a la explotación minera. La ubicación de escombreras sobre la superficie del terreno provocó la contaminación de material estéril de suelos fértiles. Los ríos cercanos como el Guaninicún y el Ponupo también recibieron materiales o minerales de baja ley. Actualmente estas minas se encuentran inactivas. Las excavaciones fueron abandonadas sin tener hoy en día uso específico. Durante su explotación fue necesario emplear diferentes esquemas de Apertura (pozo vertical, socavon,etc.), sin embargo, luego de el cierre de la mina estas excavaciones se abandonaron y se ocuparon por tierra arrastrada por las corrientes pluviales y vegetación que nació allí; otras excavaciones se encuentran inundadas de agua. En estos momentos esta zona ha sido reforestada por pobladores del lugar a través de la siembra de diferentes cultivos.

Durante la exploración de los lentes cromíticos de la mina Las Merceditas en Moa, se perforaron manantiales subterráneos ubicados por encima del socavón M-1, trayendo como resultado la aparición de una cantidad considerable de agua que afecta las labores mineras. Esto se resolvió de modo inusual a través del socavón auxiliar de desagüe.



**Utilización de equipamiento adecuado según las condiciones concretas.**

El empleo de técnicas mineras que garanticen el mínimo de afectaciones al medio ambiente, elevados índices de productividad y que permitan a los operarios mejores condiciones de trabajo, donde se afecte lo menos posible su salud nos garantizará el camino para viabilizar la sostenibilidad de la minería. Una técnica fácil de manipular que garantice un menor volumen de polvo y un mínimo de riesgos en esta actividad humana, motivaría mas a las personas vinculadas con esta labor.

La sustitución de los equipos tradicionales (perforadoras manuales, telescópicas, martillos neumáticos, cargadoras frontales, camiones, tractores, motores eléctricos); por equipamiento automatizado de elevada productividad (Jumbos, L.H.D., GPS., Combinadas de laboreo, etc.), permitiría mejorar las condiciones de seguridad durante el laboreo minero, [Guerrero, (2001c)].

Este nuevo equipamiento a pesar de estar diseñados principalmente para la gran minería, se deben ajustar a las condiciones concretas de cada lugar. Sus dimensiones deben ser tales que permitan ser aplicados de acuerdo con las dimensiones y características de las excavaciones y el macizo, sin dejar de descuidar las productividades de ellos para lograr el cumplimiento del plan de producción planificado por la mina.

Por otro lado, la sustitución de métodos tradicionales de separación de la mena, (tales como el de Perforación y Voladura), por métodos de separación mecánica, (combinadas de laboreo, rozadoras, etc.), disminuiría considerablemente las afectaciones producidas al medio ambiente, dado que se produce un menor número de gases expulsados a la atmósfera, un menor efecto sísmico y sonoro, así como desaparecen los efectos negativos ocasionados por la onda de choque originada durante la explosión.

### **Uso racional e integral de los recursos mineros y minerales.**

Con vista alcanzar el desarrollo sostenible de la explotación minera, es necesario tener presente la utilización integral de los recursos minerales y mineros. Entre los factores que influyen en el logro de este propósito, encontramos el desarrollo tecnológico alcanzado en los procesos minero - metalúrgicos y de beneficio de los minerales extraídos.

Durante la explotación masiva de los cuerpos minerales en la mina Las Merceditas (Cuba), además de extraerse la espinela cromífera, se extraen varios minerales acompañantes que por su bajo contenido en la mena, en estos momentos no constituyen renglones exportables. Es conocido el amplio uso de muchos de estos minerales acompañantes, en la industria de fundición, para hacer papel abrasivo, en la obtención de Bióxido de Titanio, que se usa cada vez más como pigmento en pintura, reemplazando viejos colores. Actualmente se están llevando a cabo numerosas investigaciones para emplear el Titanio metálico como material en estructuras. Debido al elevado valor de la relación resistencia- peso, el Titanio ha demostrado ser un material muy adecuado para la construcción de armazones, motores de aviación y naves espaciales. Otros usos pueden ser para la fabricación de tintas, como preservativo de la madera y como desinfectante.

Por otro lado, la utilización de las excavaciones que presentan buenas condiciones de estabilidad, se considera muy ventajoso desde el punto de vista económico y estratégico, para la ubicación en ellas de objetos de la propia actividad minera y otras obras útiles para fines económicos, sociales y para la defensa del país, pues las inversiones que se requieren para su uso, como reglas son menores que las necesarias para construir nuevas excavaciones que se destinan especialmente para esos objetivos, [Blanco, (2000)].

Tanto en las minas activas como las inactivas se producen espacios mineros que luego de su explotación no se le dan un uso

específico. Estudios realizados en la antigua mina Cromita( Cuba) avalan la utilización de las galerías y socavones para el almacenamiento de sedimentos de petróleo provenientes de los tanques de almacenamiento de la Unión del Níquel, ubicados en el puerto de Moa. Otros trabajos recomiendan la utilización de estas excavaciones para almacenar escorias de las fábricas, construcción de frigoríficos, para guardar equipos y técnica militar así como para adaptación del personal a las condiciones subterránea.

El empleo de las excavaciones mineras para ubicar en ellas diferentes obras de la economía, nos proporciona las siguientes ventajas:

1. Una mayor protección de las obras ante las acciones externas.
2. La utilización del macizo rocoso en su estado natural, como material constructivo y de aislamiento.
3. Una mayor estabilidad antisísmica.
4. Disminución del volumen de fondos, destinados a las reparaciones y modernizaciones.

Por otro lado, es importante destacar que una vez agotadas las reservas de minerales en los yacimientos cesan las actividades productivas de la mina y generalmente se produce el despido masivo de los trabajadores, sin solucionar los problemas de empleos. Esta problemática puede ser resuelta a través del uso posterior de la mina para otros fines como los turísticos. Un ejemplo típico de esta solución se presenta en la mina Río Tinto (España), donde una vez finalizada la explotación minera del yacimiento, el Proyecto de Cierre de la mina contempló la creación de un museo minero en dicha zona, revitalizando así la vida de la mina y trayendo como resultado que más de un millón de turistas anualmente visiten dicha instalación minera.

### **Disminución de las amenazas y peligros geoambientales y geodinámicos.**

El conocimiento y control de las amenazas y peligros geoambientales contribuye a eliminar los efectos de una minería que no cuenta con tecnología adecuadas para el tratamiento de desechos, los cuales afectan al medio ambiente.

Los trabajos mineros conducen a la formación de espacios en la corteza terrestre, que producen la alteración del equilibrio que existe en el macizo rocoso. Como resultado de esta actividad, la roca que rodea los vacíos formados se deforma y se desplaza, efecto este que en muchas ocasiones alcanza la superficie.

Este proceso de desplazamiento de las rocas puede ocurrir también por otras causas, tales como: procesos tectónicos, procesos de disolución, disminución del nivel de las aguas subterráneas, variación por distintas causas de las características de las rocas y otros. El estudio de estos fenómenos conduce a la identificación de las amenazas y peligros geólogos-geomecánicos que se manifiestan durante y después de la explotación minera.

Entre las amenazas y peligros geólogos – geomecánicos manifestados en la minas Merceditas, Amores y Cromita; de Cuba, encontramos los siguientes:

1. Deslizamientos rocosos en laderas montañosas.
2. Hundimientos de la superficie.
3. Derrumbes parciales de las cámaras.
4. Pérdida de estabilidad de las galerías y cámaras.
5. Presencia de dislocaciones tectónicas de gran magnitud (Plegamientos, fallas activas, sistemas de grietas).
6. Inundaciones.

Los peligros geólogos geomecánicos existentes en las minas estudiadas, constituyen un problema de primer orden, estos en muchas ocasiones pueden atentar contra la integridad física del hombre y contra la naturaleza, ocasionándole severos daños. Por esto el cumplimiento de las siguientes medidas reviste vital importancia para alcanzar un desarrollo sostenible.

1. Realización de un estudio previo y control sistemático del comportamiento del macizo rocoso durante y después de la ejecución de los trabajos mineros.
2. Empleo de métodos de sostenimiento adecuado en aquellas zonas donde se manifieste la pérdida de estabilidad.
3. Realizar periódicos controles a las excavaciones, para limpiarlas de escombros y otros materiales.
4. Ordenamiento adecuado de los pilares de protección.
5. Recuperación ordenada de los pilares de protección.
6. Construcción de muros de contención en las laderas donde se han manifestados deslizamientos rocosos.
7. Realización de controles en zonas de posibles hundimientos rocosos.

#### **CONCLUSIONES**

1. Se puede lograr la sostenibilidad de la actividad minera si se toman en cuenta los criterios analizados.
2. La elección de una adecuada tecnología en la actividad minería permite alcanzar mejores resultados económicos y minimizar las afectaciones ocasionadas por ella al Medio Ambiente .
3. El perfeccionamiento de la actividad minera en sus diferentes etapas de desarrollo, a partir del mejor conocimiento del macizo

rocoso, permite alcanzar durante todo su proceso una mayor productividad racionalidad y seguridad.

4. Los criterios mencionados que permiten minimizar los impactos socio-ambientales y conllevar a una utilización integral de los recursos, permiten crear condiciones favorables con vista a lograr un desarrollo sostenible de la actividad minera.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Blanco, Torrén, Roberto, Roberto Wátson, Quesada y Diosdanis, Guerrero, Almeida. Abandono y cierre de minas. CD Jornadas de Cierre de Minas del CYTED. Revista Panoramaminero. # 257. Argentina, octubre de 2000.
- Carrizosa, U., Julio. La viabilidad del desarrollo sustentable en Colombia. Una contrapropuesta. En: Guhl, Ernesto, Medio ambiente y desarrollo. Santa Fe de Bogotá, 1992. p. 89-90.
- Guerrero, Almeida, Diosdanis, et. all. Impacto ambiental provocado por la minería subterránea. III Taller Internacional de los recursos minerales. CD Resumen. Moa, Cuba, 1999.
- Guerrero, Almeida, Diosdanis et. all. Perfeccionamiento de la Variante de Explotación para el Yacimiento Merceditas. IV Congreso Internacional de Geología y Minería. CD Resumen. La Habana, Cuba, 2001a.
- Guerrero, Almeida, Diosdanis et all. Criterio Generales para alcanzar el desarrollo sostenible en la actividad minera. III Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Desarrollo Sostenible: Realidad o sueño a 10 años de la Cumbre de Río. La Habana, Cuba. 2001b.
- Guerrero, Almeida, Diosdanis et all. Importancia del Cierre de minas para alcanzar el desarrollo sostenible. III Encuentro Nacional

- de Derecho Minero. IV Encuentro Latinoamericano y del Caribe de Legislación Minera. Buenos Aires. Argentina. 2001c.
- ICSED. Métodos de valoración económica y social de los recursos naturales y ambientales, Santiago de Chile, 1994.
- Mercado, E., O. et al. El concepto de desarrollo sustentable y los recursos naturales no renovables. Resumen del IX Simposium de ingeniería de minas. Chile, 1995
- Mern. Environmental & social performance indicators and sustainability markers in mineral development. A prospectus. University of Bath. UK, 1998.
- Moore, Patrick. Hard choices for environmentalists and the mining industry. PDAC, Toronto, 1997.
- Pezzey, John. Conceptos sobre desarrollo sostenible: un análisis económico. W.B. Washington D.C., 1992.
- Posada, L., G. y Vargas, E. Desarrollo sostenible, relaciones internacionales y recursos minero energéticos. Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá, D.C., 1997.
- Toman, M. and Walls, M. Nonrenewable resource supply: theory and practice. Capítulo 9, p. 182-201 de Bromley, Danile W. (De.). UK USA, 1995.
- Vargas, Pimiento, Elkin. Indicadores de sostenibilidad y su aplicación a las Empresas Mineras. CD Resumen. I Jornadas Iberoamericanas de cierre de minas. Huelva, España. 2000. p. 3-6.
- Werther, Guntram. Native peoples' issues and the future of mining. International California Mining Journal. Vol. 66 No. 10. California, 1997.