



UNIVERSIDAD DE SONORA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DÉPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Cierre de minas: Un enfoque Sustentable

TRABAJO ESCRITO

Para obtener el grado de:

ESPECIALIDAD EN DESARROLLO SUSTENTABLE

Presenta:

Trinidad Quintero Ruiz

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

CONTENIDO

I. INTRODUCCION	4
II. OBJETIVOS	7
II.1. Objetivo General	7
II.2. Objetivos Específicos	7
III. ANTECEDENTES	8
III.1. Concepto General de Minería	8
III.2. Minería y Desarrollo Sustentable	8
III.3. La fase post operativa de la actividad minera: su relevancia	14
III. 4. Caracterización de los efectos post operacionales de la actividad Minera	15
III.4.1. Riesgo de derrumbes o sísmico	19
III.4.2. Riesgo hidrológico	19
III.4.3. Contaminación del aire	20
III.4.4. Generación de condiciones de inseguridad	20
III.4.5. Uso alternativo del terreno	20
III.5. La realidad minera a nivel mundial	21
III.6. Realidad minera en México	23
III.7. Situación de la minería en Sonora	24
III.7.1. Repercusión económica de la minería en Sonora	24
III.7.2. Organización minera en Sonora	25
III.7.3. Tipos de minas en Sonora	27
IV. TRATAMIENTO MINERO PARA EL CIERRE DE UNA MINA	32
IV.1. Panorama minero normativo en materia de cierre	32
IV.1.1. Normativa que consagra y regula el sistema de planificación de cierre	32
IV.1.2. Autoridad Competente	34

IV.1.3. Objetivos de la planificación de cierre	35
IV.1.4. Contenidos mínimos de los planes de cierre	37
IV.1.5. Sanciones e incentivos	39
IV.2. Intentos para el cierre de minas en México	41
IV.3. Acciones para el cierre de minas que se realiza en Sonora	42
V. PROPUESTA PARA EL CIERRE DE MINAS.....	44
VI. DESARROLLO DE UN PLAN DE CIERRE DE MINAS EN SONORA	47
VI.1. Normativa de base para regular el sistema de planificación de cierre	47
VI.1.2. La evaluación del abandono de las actividades mineras.....	51
VI.1.3. La reparación de daños bajo el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental ...	52
VI.2. El control de cierre de minas a través de la normatividad existente	53
VI.3. Contenidos mínimos de los planes de cierre.....	55
VI.4. Desarrollo de los planes de cierre	61
VI.4.1. Cierre de mina	63
VI.4.2. Después del cierre.....	64
VII. CONCLUSIONES.....	67
VIII. REFERENCIAS	70

RELACION DE TABLAS

Tabla 1. Participación porcentual de la minería en el PIB	2
Tabla 2. Distritos Mineros de Sonora	2
Tabla 3. Principales municipios con reservas mineras probadas (Ton)	2
Tabla 4. Planificación de Cierre: Normas Jurídicas por país	3
Tabla 5. Planificación de Cierre: Autoridad Competente por país	3
Tabla 6. Planificación de Cierre: Objetivos por país	3
Tabla 7. Contenidos mínimos de un plan de cierre.....	3
Tabla 8. Planificación de Cierre: Sanciones e incentivos por país	4

RELACION DE FIGURAS

Figura 1. Visión de la minería en el desarrollo sustentable.....	9
Figura 2. Ciclo de vida del desarrollo minero.....	17
Figura 3. Participación de la Minería.....	21
Figura 4. Participación de América Latina en Minería.....	22
Figura 4. Valor de las exportaciones mineras en México.....	23
Figura 5 Regionalización de la minería en Sonora.....	26
Figura 6. Mina a cielo abierto en Sonora (Mina Santa Gertrudis, en Cucurpe Sonora, tajo Dora).	28
Figura 7. Mina hidráulica combinada con tajo abierto.....	29
Figura 8. Entrada a una mina subterránea.....	30
Figura 9. Efectos de una mina in situ.....	31

I. INTRODUCCION

La fase post operativa de mina, entendida como el cierre de un proyecto minero, provoca una serie de efectos en el medio ambiente. Aunque ésta no es una característica exclusiva de la actividad minera, pues también se presenta en otros tipos de proyectos o actividades, si es de gran relevancia por muchas razones, básicamente determinadas por la entidad de los efectos ambientales, sociales y económicos, los que normalmente serán de largo alcance y duración además de significativos y relevantes. Tales efectos provocan que el simple abandono de las faenas sin hacerse cargo de los referidos efectos post operacionales sea contrario a cualquier idea de sostenibilidad del desarrollo minero.

Actualmente América Latina es la principal región minera del mundo. Durante la década de los noventa la liberalización de nuestras economías y la creación de incentivos a la inversión ha atraído un flujo importante de capitales que han dado paso a un "boom minero", tanto a nivel exploratorio como de producción. Esto implica el planteamiento de estrategias de largo plazo que consideren un uso sostenible de nuestros recursos no renovables, incluida la minería que permita la satisfacción de las necesidades presentes sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.

En México, cuando una obra minera termina su vida útil y la regresa a los dueños del suelo superficial originales, ya no son las condiciones de potencialidad originales y rara vez dichos terrenos sirven para alguna actividad productiva y redituable. El desarrollador minero emprende las actividades de restauración ecológica a las que lo obliga la legislación ambiental mexicana uno o dos años antes de cerrar, y este tiempo no alcanza para una verdadera restauración o rehabilitación del terreno para alguna vocación productiva, aunque de menor valor. Aunado a esto, muchas personas quedan sin trabajo y es de suponer que no van a lograr sus satisfactores en el lugar que se queda, a la par de que se suscitan problemas sociales contra el desarrollador minero y las autoridades normativas, generando los movimientos poblacionales en busca de lograr sus satisfactores.

Aunque podemos hablar tranquilamente de una propuesta en México de plan de cierre minero, debemos considerar que ésta situación adquiere características un poco diferentes de lugar en lugar dependiendo del sistema social, económico y ambiental en que se inserte y del tipo de industria minera de que se trate. Es por ello que el enfoque se dirige al estado de Sonora sin ser discriminatorio para el resto del país, toda vez que la actividad minera es de jurisdicción federal.

La idea de incorporar al desarrollo de la actividad minera una fase de cierre puede ser analizada desde distintas perspectivas, entre ellas:

- Desde el punto de vista *ingenieril*, que de acuerdo al ciclo de vida de un producto, todo proyecto considera una etapa de planificación, de operación, desarrollo y una etapa final de término o cierre.
- Desde la *economía*, por la internalización a la actividad minera de costos que son o deben ser propios al país, en el entendido que toda actividad económica sustentable debe reconocer las externalidades negativas que genera.
- Desde el *comercio internacional*, donde la ausencia de incorporación de costos de cierre y traspaso de pasivos ambientales al Estado será vista como una medida comercial a favor del producto nacional exportable.
- Desde las *ciencias ambientales*, en cuanto no es aceptable hipotecar la viabilidad futura de los ecosistemas por un beneficio económico actual.
- Desde las *ciencias sociales*, donde no es aceptable afectar la viabilidad de las comunidades que se desarrollan en torno a la actividad minera por el mismo beneficio económico actual.
- Desde la *ciencia del derecho*, cuando los sistemas jurídicos más diversos en el mundo están reconociendo que es un deber legal de toda actividad económica considerar los pasivos ambientales que se crean por dicha actividad, y la conciencia ecológica nacional llama a cuidar el patrimonio natural que pertenece a la Nación.

La investigación realizada para la "Propuesta del Cierre de Minas en Sonora", es en su totalidad descriptiva, consulta a expertos, de análisis y propositiva. Parte de analizar los componentes que giran sobre el sector minero, analizar cada uno de ellos y exponer las consecuencias sociales, ambientales, económicas, políticas y tecnológicas principalmente, asociado a esto.

El método utilizado para conducir la investigación fue el examen de la literatura existente sobre el tema, la revisión de las propias normas como fuente primaria de información. Para lograr una visión más completa de los sistemas estudiados, se recurrió, en la medida de lo posible, a la consulta con destacados profesionales de la minería así como a las instituciones que se han involucrado. Es prudente consignar las limitaciones para el desarrollo del trabajo, que provienen del hecho consistente en que el principal objeto de estudio ha sido la propuesta para el cierre de minas basado en los quehaceres de cada institución involucrada en el análisis. Esto envuelve una limitación *per se* en tanto cada uno de esos cuerpos forma parte de un sistema jurídico que funciona de una forma determinada que es distinto entre una institución y otra.

Basado en información de base del sector minero, el auge desarrollado recientemente y la caída de precios que ha obligado a iniciar el cierre y abandono de minas, es importante ser propositivo en la manera de cerrar dichas labores, donde intervengan más de una institución a la vez, en conjunto, no de manera aislada.

II. OBJETIVOS

II.1. Objetivo General

Elaborar una propuesta que integre la conciliación entre los sectores social, económico y ambiental para la toma de decisiones al momento del cierre y abandono de un proyecto minero con énfasis en Sonora.

II.2. Objetivos Específicos

Revisión de la potencialidad minera y las acciones de cierre de mina en América Latina, con énfasis en México, basado en el diagnóstico de los campos social, económico y ambiental del sector minero en nuestro país y en Sonora, para proponer sobre el cierre de minas.

Identificar los agentes involucrados en el desarrollo minero, que sean retomados en la propuesta para el cierre de minas en Sonora

Realizar una propuesta para el cierre de minas, con especial énfasis en Sonora que pueda ser promovido entre grupos líderes de los campos social, económico y ambiental como herramienta adicional en la toma de decisiones al cierre de proyectos mineros.

III. ANTECEDENTES

III.1. Concepto General de Minería

Se entiende por actividad minera las actividades de exploración, beneficio y procesamiento de yacimientos minerales metálicos y no metálicos (D.O.F., 1996).

Son los lugares donde se realiza una alteración mecánica del suelo o cualquier excavación, con el fin de explorar o producir sustancias que contengan material mineral, placeres, roca, calizas, tierra, arcilla, arena o grava, así como todas las áreas despejadas, maquinaria y equipo usados para el servicio de una mina o para uso en conexión con una mina y las construcciones que no sean destinadas a alojamiento, habitación o cocina y las actividades incluyendo perforación exploratoria, excavación, procesamiento, concentración, disposición de residuos y recuperación (reclamation) del sitio, hasta minas cerradas y abandonadas (Banco Mundial, 1997).

III.2. Minería y Desarrollo Sustentable

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 posteriormente en la Agenda 21 que 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." Como se observa, 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*, que exige que el desarrollo sea compatible con el mantenimiento de los procesos ecológicos, la diversidad biológica y los recursos biológicos.
- La *sostenibilidad social*, que exige el aumento del control que la gente tiene sobre sus vidas y que se fortalezca la identidad de la comunidad.
- La *sostenibilidad cultural*, que exige que el desarrollo sea compatible con la cultura y los valores de los pueblos afectados.
- La *sostenibilidad económica*, que exige un desarrollo económicamente eficiente y equitativo dentro y entre generaciones.”

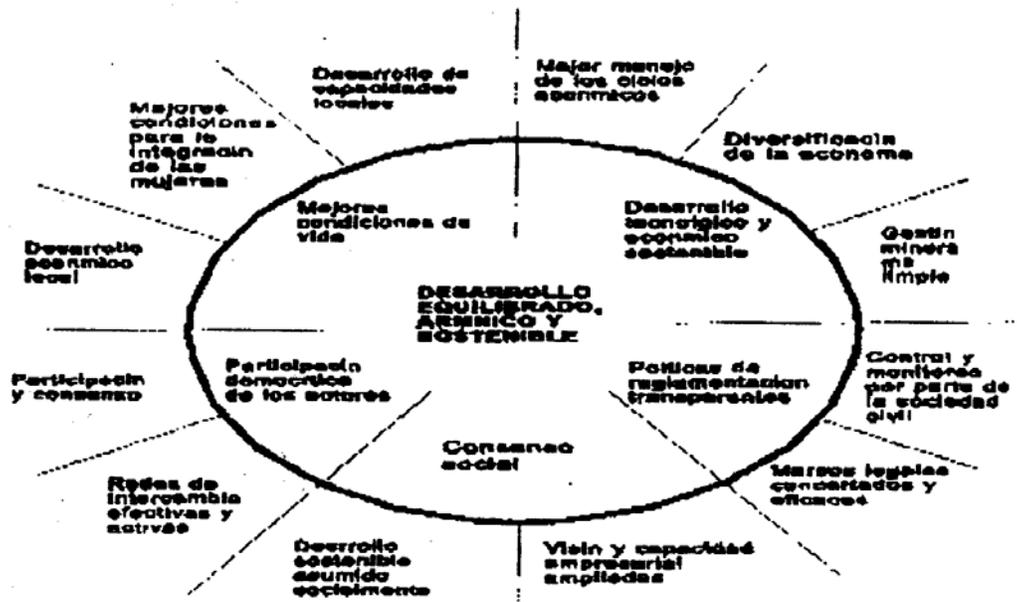


Figura 1. Visión de la minería en el desarrollo sustentable

Estos esfuerzos por conceptualizar el desarrollo sostenible y concretar su relación con el crecimiento económico han tenido eco en México. El desarrollo sostenible está consagrado en la Constitución Política en su artículo 4, hacia una aproximación sobre el concepto de “sostenibilidad” entendiendo ésta como un crecimiento, que contemple los siguientes aspectos:

- Económico, que se fundamente en incrementos de productividad.
- Ambiental, que sea compatible con la preservación y el manejo adecuado de los recursos naturales.
- Social, que sea generador de empleo, capacidades y oportunidades.
- Político, que sea fundamentalmente equitativo y participativo.

Tal aproximación da pie para interpretar lo que significa y conlleva el desarrollo sostenible en la actividad minera de acuerdo a la Agenda 21 y Protocolo de Kioto, que en resumen es cualquier decisión, avance, acción técnica, económica o legal que

- Favorezca la conservación de los yacimientos a través de la correcta definición de las tasas de extracción, la máxima recuperación y adición de las reservas minerales y las prácticas de ahorro, sustitución y reciclado.
- Minimice los impactos ambientales negativos del proceso minero mediante la reducción de la contaminación hídrica y atmosférica y la degradación de terrenos, así como la disminución de los insumos energéticos y de recursos naturales.
- Promueva los efectos positivos socioeconómicos de la actividad por medio de la conservación de las tradiciones y valores de las comunidades donde ésta se realiza, el respeto a los derechos fundamentales, la distribución equitativa de los beneficios y de incrementos en productividad.

Este significado demuestra lo enunciado al comienzo de este escrito: en el marco del desarrollo sostenible, el objetivo del sector minero de maximizar la extracción de recursos queda relegada a metas de conservación de los yacimientos, restricciones sobre la utilización de recursos naturales y energéticos, consideraciones sobre el impacto ambiental y social en todas las fases del proceso minero. De tales consideraciones, por tratarse de extraer recursos no renovables, el término “conservación de los yacimientos minerales” es el que podría entrañar interpretaciones ambiguas y contradictorias, sin embargo, las normas, instrucciones, políticas y mediciones tendientes a la conservación se circunscriben generalmente en las tres etapas del negocio minero a:

- ◆ Determinar el potencial aprovechable del yacimiento, su explotabilidad, con personal idóneo, modelos geológicos y sistemas de control que garanticen su conocimiento real y científico.
- ◆ Evitar el deterioro o agotamiento prematuro de los recursos mediante una explotación técnica y racional.
- ◆ Evitar el desperdicio de los minerales extraídos mediante su aprovechamiento integral y el reciclaje.

Así pues, de origen, la minería es, en sentido estricto del tipo de aprovechamiento sobre un recurso natural no renovable, una actividad no sustentable. Para la minería, el desarrollo sustentable pone en primer plano el descuento intergeneracional, aplicado a los recursos naturales no renovables. La explotación de esta clase de recursos, señalada en la medida en que responde a las preferencias de los agentes económicos, topa con la dificultad de que una parte de los agentes no pueden expresar sus preferencias, puesto que pertenecen a generaciones futuras y que a la vez, sus decisiones difícilmente pueden ser suplidas por un mercado que funciona con un horizonte temporal de muy corto plazo. Todo ello hace que en rigor, el horizonte de sostenibilidad sea planteable en el caso de los recursos naturales no renovables (<http://www.ine.gob.mx>).

Sin embargo, la minería puede propiciar un aumento del bienestar económico y social de las generaciones actuales y futuras y contribuir a aliviar la pobreza, a la vez que promover el desarrollo regional y local. Cuando se hallan en áreas remotas, las operaciones mineras frecuentemente llevan a cambios dramáticos en oportunidades económicas, modelos de empleo y estilos de vida. Estos tienen sus repercusiones de naturaleza social y cultural, y pueden afectar la vida familiar. La presencia de mineros informales puede llevar a problemas muy particulares. Las nuevas actividades mineras provocaron migración que a su vez contribuye a cambios en estilos de vida, amenazando la identidad cultural. La situación se ve exacerbada cuando estos procesos involucran grupos indígenas locales (ColSon, 1994).

Por otro lado, las comunidades frecuentemente se benefician de una amplia gamma de nuevos servicios, incluyendo acceso mejorado a educación y servicios de salud. Para comprender los impactos sociales de la minería, es necesario tomar en cuenta ciertas variables como tamaño y edad de la operación, el tamaño de las comunidades circundantes, patrones de migración inducida y la presencia de grupos indígenas. Las operaciones a pequeña escala generalmente carecen de recursos para tener en cuenta y contratar personal calificado que trate los temas sociales y antropológicos, mientras que las operaciones a mayor escala quizás puedan permitirse de tomar en consideración las implicaciones sociales desde el principio (Banco Mundial, 1997)

La distribución de beneficios provenientes de la minería es tema de preocupación en la mayoría de los países. Si bien las inversiones en minería pueden producir importantes beneficios macro económicos, las comunidades locales generalmente perciben solamente beneficios marginales. Las actividades mineras son cada vez más intensivas en capital en vez de serlo en mano de obra, por lo tanto, su impacto como fuente de empleo tiende a no ser muy importante (INEGI, 1997).

El acceso a la tierra constituye fuente fundamental de incertidumbre para todos los interesados, generalmente lleva al conflicto cuando se combina con temáticas de conservación de la biodiversidad o reclamo de tierras, los procesos de migración, los impactos ambientales, hasta su repercusión en la salud humana.

Por último, hay una serie de preguntas que tienen que ver con cómo manejar el auge minero para lograr beneficios económicos sustentables de esto para el País como un todo. Esto incluye cómo fijar impuestos a la industria, cómo asegurar que haya efectos que lleguen a otras industrias y servicios, y cómo manejar algunas implicaciones macro económicas de importancia. Un problema adicional es cómo manejar la exposición a la volatilidad internacional de precios. Otro es cómo manejar las consecuencias de un repentino flujo de divisa que puede efectuar la rentabilidad de otros sectores de la actividad económica debido a la apreciación de la tasa de cambio con respecto a la volatilidad internacional de precios (Centeno, 1999).

Por otra parte, cada una de las etapas de la vida de una mina presenta potenciales impactos ambientales y sociales; por consiguiente, es esencial que un público informado aporte sus opiniones durante cada una de estas etapas. La minería y el procesamiento de los minerales conllevan amenazas para el aire, los ríos, el agua subterránea, la flora y la fauna, los animales domésticos, la salud humana, las construcciones que son un patrimonio cultural, las costumbres sociales y la economía local.

El valor de los minerales es sólo uno de una variedad de valores, en competencia entre sí, derivados de uso de la tierra. Los otros valores incluyen, entre otros: la agricultura, la ganadería, la pesca, la caza, la silvicultura, la diversidad de las plantas y animales, la integridad del ecosistema, la calidad y cantidad del agua, la recreación, el patrimonio cultural/histórico, la estabilidad y la integridad de las comunidades y la estabilidad y diversidad económicas. Las decisiones independientes de explorar en busca de minerales, desarrollar y explotar una mina, cómo procesar los minerales, cómo manejar los desperdicios, cómo compensar a la comunidad, y cómo proteger el sitio de la mina y el ambiente afectado después del abandono de la mina estarán en función del equilibrio de los valores que se hayan seleccionado.

Además, los impactos de la minería pueden darse en los alrededores del sitio de la mina, pero también pueden afectar a personas y al ambiente de zonas distantes asociados con el ciclo de vida de las actividades mineras. Eso se debe al transporte de materiales (incluyendo los de desperdicio) por el viento, la lluvia, las corrientes subterráneas de agua, el transporte, etc. Los efectos económicos y sociales también pueden resultar significativos en comunidades distantes situadas en caminos de abastecimiento por los que llegan materiales y personal, ya sea arriba o abajo del sitio (ColSon, 1999).

Así mismo, la vida productiva de una mina es relativamente corta en comparación con los impactos ambientales y sociales que puede ocasionar. En un momento propicio de decidir si se va a permitir la construcción de una mina, la comunidad interesada necesita considerar no sólo el periodo productivo de la exploración, sino toda la vida de la mina, desde la exploración hasta el cuidado posterior al cierre.

Es por ello que el desarrollo sustentable debe estar encaminado a conseguir una mayor calidad de vida de los seres humanos, compatible con la capacidad de carga de los ecosistemas en que aquellos están insertos. Se trata de un concepto donde el desarrollo que satisface las necesidades del presente de la producción minera, no comprometa la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer las suyas del recurso mineral.

III.3. La fase post operativa de la actividad minera: su relevancia

Sabemos que el control de los impactos ambientales de cualquier proyecto o actividad requiere de una identificación y evaluación anterior de esos impactos, para las distintas etapas del proyecto de que se trate. Pues bien, tratándose de proyectos mineros, la mayoría de las veces será posible identificar impactos negativos reales a partir del cese de las operaciones de la actividad minera, que pueden ser altamente significativos o intensos, de difícil o muy costosa reversibilidad, perdurar por muchos años, causados directamente por el desarrollo de la actividad minera, etc.

Por cierto, la generación de impactos post operacionales no es una característica exclusiva de la actividad minera, sin embargo es particularmente relevante tratándose de esta actividad, por varias razones, entre ellas:

La diversidad característica de la minería implica que los impactos susceptibles de generarse luego del cese de las operaciones sean también diversos, entonces es difícil pensar en un estándar de control aplicable a todos los casos.

El hecho de que tales impactos muchas veces sean de muy largo plazo conspira contra cualquier idea de sustentabilidad de la actividad, desde el momento en que representa una seria carga para las generaciones posteriores a la minería que soportarán las externalidades dadas por esos efectos negativos si es que no se adoptan las medidas necesarias y más convenientes para su control; y este hecho agrega un factor de riesgo adicional a la aleatoriedad propia de la minería, especialmente en ausencia de reglas claras que regulen los derechos, deberes y responsabilidades

que pueden derivarse de la potencial ocurrencia de esos efectos. desde el momento en que los efectos post operacionales pueden acarrear costos para el titular u operador minero, mucho después de que haya cesado la actividad minera, es decir, mucho después de que se hayan percibido los ingresos que ésta puede haber generado, los cuales la mayoría de las veces no habrán sido considerados como costos de la "producción".

Teniendo presente esta capacidad de generación de serios efectos post operacionales y su relevancia, no parece lógico plantearse la posibilidad de simplemente abandonar el sitio sin hacerse cargo de estos efectos, y más ilógico aún parece proyectar el desarrollo de la actividad sin considerar el cierre y el post cierre como una etapa más dentro del plan minero, lo que implica considerar los costos de implementación de medidas tendientes a evitar, minimizar, mitigar o compensar esos efectos dentro de los demás costos del proyecto. De alguna forma la producción minera que no se hace cargo de los costos de esta etapa, parece estar ignorando deliberadamente la internalización de costos que le son propios (INEGI, 1997; ColSon, 1999).

No obstante ello, no siempre ni en todas partes ha existido la conciencia ambiental que alerte sobre este tema. Es un hecho que en el pasado la planificación consideraba plazos mucho menores, sin que los efectos que se produjeran y/o permanecieran por 20, 40 ó 50 años después de terminada la operación minera fuesen considerados. Frente a esta conducta de abandono el resultado ha sido la generación de enormes pasivos ambientales en muchos lugares de larga tradición minera.

III. 4. Caracterización de los efectos post operacionales de la actividad Minera

Durante la operación de un proyecto minero normalmente el operador debe cumplir con un plan de gestión o manejo ambiental que involucra la implementación de medidas de prevención, abatimiento, control y/o monitoreo de los efectos ambientales susceptibles de ser afectados por una serie de actividades que conforman el proyecto, como: tajos, galerías subterráneas, terreros, presas de jales, estanques de reactivos, campamentos, etc. Pero sucede que habitualmente cuando cesan las operaciones también termina la implementación de este tipo de medidas, y eso muchas veces puede significar el comienzo de una serie de efectos ambientales negativos (Centeno, 1999).

Como se anunció, existe una diversa gama de potenciales efectos o impactos ambientales susceptibles de generarse luego del cese de las operaciones mineras, la ocurrencia de los mismos depende del tipo de minería, de las características geográficas específicas, del ambiente en general, de la forma como se haya llevado adelante la operación, entre otros aspectos.

Sin embargo algunos expertos han enunciado y caracterizado algunos de los efectos que es posible esperar en la fase post operacional. A continuación se enuncian algunos de ellos, sin que se pretenda hacer un análisis de cada uno de ellos, puesto que no es tal el enfoque trazado para este trabajo (SECOFI, 1998).

La extracción minera agota las reservas en los yacimientos minerales. Cuando esto ocurre deja a comunidades enteras sin empleo creando escasez de recursos para la sociedad; además, en la estructuración y ejecución de los proyectos mineros se pueden generar grandes centros de poder no participativos y con intereses transnacionales. La minería es esencialmente un proceso destructivo por lo que puede ocasionar impactos ambientales y sociales negativos; los que dependen del tamaño de las operaciones, del tipo de depósito mineral, de los métodos de explotación utilizados y de las condiciones topográficas y climáticas de los lugares donde se realiza. Los diferentes tipos de depósitos geológicos difieren ampliamente con la naturaleza y composición de los minerales que contienen y por tal razón son variados los efectos ambientales de su extracción y utilización. Estos efectos y el impacto socioeconómico en general también varían según el grado e intensidad de extracción de los diferentes productos y las técnicas mineras utilizadas.

La minería subterránea, por ejemplo, causa daños o alteraciones en los terrenos donde se inicia; posteriormente, si no se toman las medidas necesarias, puede ocasionar hundimiento de terrenos y condiciones de trabajo inconvenientes; requiere importantes áreas superficiales para la infraestructura de los pozos de extracción, talleres, patios de lixiviación, campamentos y su problema principal, desde el punto de vista ambiental, puede ser la disposición de terreros y presas de jales que no pueden dejarse en los trabajos bajo tierra.

La minería a cielo abierto presenta problemas mucho mayores impactos debido al desmonte y descapote de las grandes extensiones de terreno a ser utilizadas en las distintas etapas de la actividad minera y la remoción de importantes volúmenes de suelos y rocas mediante la acción de máquinas de gran tamaño, por lo que comúnmente se debe proceder a rellenar las áreas explotadas con los terreros de la misma explotación y a relocalizar el suelo removido. Una restauración de esta naturaleza debe hacer parte del plan minero total y cuando no se hace con rigor, los daños ambientales, las alteraciones al paisaje, la desertización, la erosión de suelos, la contaminación del aire y corrientes de agua pueden ser de consideración.

No hay duda de que la extracción de minerales ha sido responsable de una amplia destrucción de tierras y de notables deterioros al medio ambiente. Sin embargo, la minería no es la actividad económica que más haya causado impactos negativos al ambiente. Actividades más destructoras son por ejemplo, el desarrollo agrícola, la construcción de autopistas, la urbanización de tierras y las redes de ferrocarril. Además se debe tener en cuenta que la minería es una actividad temporal y por lo tanto no implica pérdidas definitivas de terrenos para propósitos económicos alternativos. Es así como se cuenta con innumerables ejemplos de terrenos explotados que han sido restaurados para usos agropecuarios, bosques o vida salvaje, lo que significa que "la actividad minera es generalmente un uso de la tierra de alto valor".

Los impactos ambientales de la minería están asociados con las etapas del proceso minero que se visualizan en el siguiente cuadro:

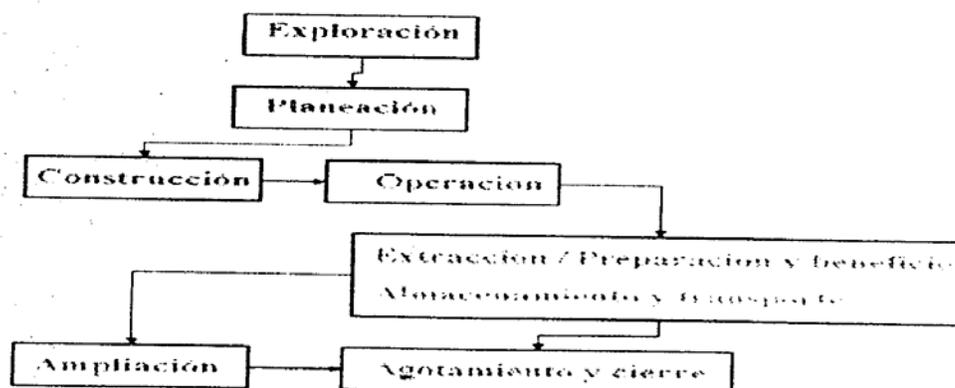


Figura 2. Ciclo de vida del desarrollo minero.

En cada una de tales etapas o fases de la minería se pueden categorizar los impactos principales de la siguiente manera.

a. Degradación de Tierras

- remoción de la capa vegetal/deforestación
- cambios en la topografía y patrón de drenaje
- inestabilidad de taludes y erosión acelerada
- pérdidas de capas de suelo que afecta la productividad agrícola

b. Hidrología y Contaminación de Aguas

- agotamiento de fuentes de agua
- cambios de la hidrología debido a reclasificación y movimiento de tierras
- efectos de deforestación
- percolación subterránea y contaminación
- sedimentación de lodos en los ríos
- problemas de toxicidad, contaminación con metales pesados
- drenaje ácido de minas

c. Contaminación del Aire

Generalmente comprende material particulado y emisiones gaseosas de la extracción, beneficio y transporte de minerales. Tales impactos incluyen:

- molestias respiratorias en trabajadores y población local
- enfermedades oftálmicas
- más baja productividad agrícola
- menor fertilidad animal
- pobre visibilidad

d. Contaminación por Ruido y Vibración

e. Salud Ocupacional y Seguridad

f. Reasentamientos Humanos y de Vida Salvaje

Una gestión responsable en un proyecto minero debe partir de la premisa que la productividad natural del ambiente deberá ser mantenida, en consecuencia la prevención es siempre mejor que las acciones remediales. Las acciones preventivas se deberán preferir tanto desde el punto de vista económico como desde el ambiental. De igual modo se deberá estar al tanto de la evolución de las características de los yacimientos minerales, cada vez de más bajo tenor, más profundos y con mayor dificultad de explotación, y de las tecnologías de extracción para enfrentar con éxito los nuevos condicionamientos ambientales.

III.4.1. Riesgo de derrumbes o sísmico.

El riesgo originado por sismos puede involucrar el derrumbe o colapso de cualquiera de las actividades o instalaciones de un proyecto minero, lo que eventualmente acarreará impactos locales, pero también puede provocar impactos de mayor extensión y de particular relevancia cuando se trata por ejemplo del colapso de patios de lixiviación. Estos relaves podrían vaciarse avanzando incluso distancias de varios kilómetros dependiendo de la magnitud del fenómeno y de las condiciones del lugar y de la instalación; también es un factor importante la proporción de agua retenida, o incluso en otro tipo de residuos, puesto que ello determina una mayor capacidad de hinchamiento.

III.4.2. Riesgo hidrológico.

Este tipo de riesgo puede dar lugar a distintos tipos de efectos tales como: arrastre de desechos y residuos por crecidas de ríos, lluvias y avalanchas; acidificación de aguas; solubilización de metales; arrastre de sedimentos; contaminación de aguas subterráneas.

III.4.3. Contaminación del aire.

Este puede ser un muy serio impacto, especialmente cuando se trata de partículas de un diámetro inferior a 10 micrones, lo que permite que ellas puedan ser inhaladas y provocar importantes daños a la salud al introducirse en las vías respiratorias. Ahora bien, la magnitud de estos efectos en la salud dependerá de la composición química del material particulado de que se trate.

Adicionalmente, el sólo hecho de la generación del polvo puede provocar importantes impactos ambientales al facilitar la erosión, dificultar el crecimiento de la vegetación, etc.

III.4.4. Generación de condiciones de inseguridad.

El abandono de galerías, piques, instalaciones, equipos y terreros pueden traer serias condiciones de inseguridad para los residentes de áreas circundantes o visitantes que pueden dar lugar a accidentes como también pueden provocar la contaminación de suelos, aguas, etc.

III.4.5. Uso alternativo del terreno

Este es uno de los grandes temas que siempre está presente cuando se piensa en el término de la operación minera. Como hemos dicho la operación minera involucra grandes movimientos de material e importantes alteraciones en la topografía, y además están los efectos ambientales post operacionales, todos ellos pueden dar lugar a alteraciones que inhabiliten el aprovechamiento de los terrenos para el desarrollo de otras actividades económicas. Entonces, si simplemente se abandona el terreno sin hacer nada para inducir su reutilización, simplemente será imposible pensar en el desarrollo de alguna otra actividad en ellos sin invertir recursos en la reversión de impactos. La preocupación por este efecto ha sido una de las principales que se han planteado en los países que cuentan con sistemas maduros de planificación de cierre.

III.5. La realidad minera a nivel mundial

A fin de entregar una visión adecuada en cuanto a la relevancia de la problemática planteada, resulta conveniente revisar en términos generales el volumen y significancia de la actividad minera.

La producción de metales de la región representa más del 20% de total de la producción mundial. Sólo en 1997, la producción de cobre refinado de la región representó el 22.1% de la producción mundial, en tanto que la producción de cobre mina fue el 38.2% del total mundial de acuerdo a la Figura 2. (Banco Mundial, 1997).

**Participación en Inversión Minera Mundial proyectada
1998 - 2007**

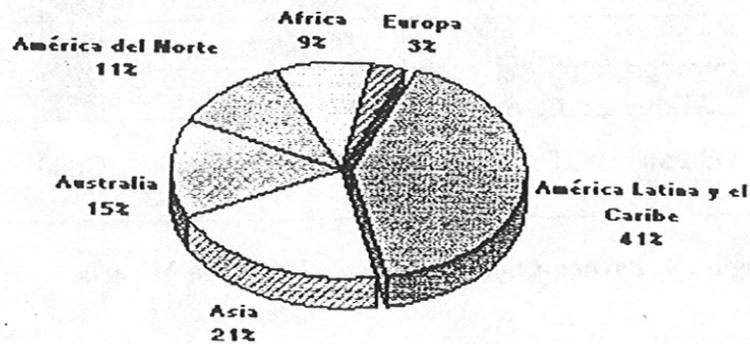


Figura 3. Participación de la Minería.

En latinoamérica, la década de los noventa ha sido escenario de un significativo incremento en el flujo de inversiones mineras, el que estuvo estrechamente relacionado con el proceso de liberalización de economías, la eliminación de barreras para la inversión extranjera y la modernización de los regímenes aplicables al desarrollo de esta actividad. Es digno de destacar el *boom* de la exploración minera en 1998 captó el 29% de los 4,030 millones de dólares de inversión mundial destinada a esta actividad. Así en el período 1990-1997 es posible estimar una inversión minera materializada de 17,379 millones de dólares, considerando sólo los principales países: Chile, Brasil, Argentina, Perú y México, donde sólo Chile capta el 51% (Figura 3).

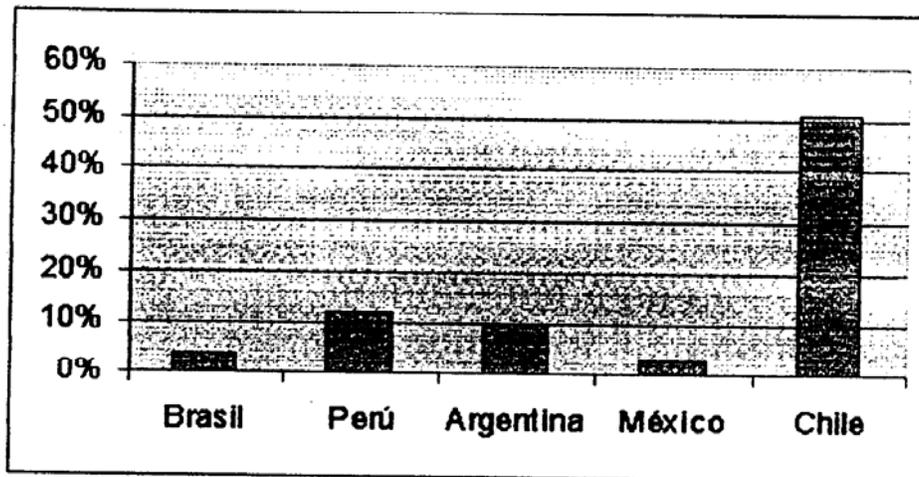


Figura 4. Participación de América Latina en Minería

En materia de proyecciones a futuro, a pesar de las situaciones de crisis que atraviesa el sector actualmente, se ha estimado para el período 1998-2007 una participación de América Latina y El Caribe de un 41% en la inversión minera mundial.

Como lo vemos a partir de los datos de producción y de flujos de inversión, América Latina es una de las mayores regiones mineras del mundo. Dentro de la región podemos distinguir claramente algunos países, cuyas economías se encuentran fuertemente marcadas por el desarrollo de la actividad minera por el alto valor de la minería en el PIB, entre ellos: Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Ecuador, México y Perú.

País	1990	1991	1993	1995	1997	1999	2000	Prom.
Argentina	2,9	2,1	1,8	1,7	1,7	2,6	2,4	2,1
Bolivia	9,8	7,2	6,0	5,6	5,5	5,7	5,2	6,3
Brasil	2,1	1,8	1,8	1,8	1,2	0,8	0,8	1,3
Chile	9,6	9,4	8,6	8,2	8,0	8,1	8,2	8,5
Ecuador						8,4	7,8	
México	2,6	2,1	2,1	1,7	1,7	1,4	0,9	1,7
Perú	2,4	1,8	1,9	1,8	1,9	1,6	1,6	1,8

Tabla 1. Participación porcentual de la minería en el PIB

III.6. Realidad minera en México

A pesar de que la participación del 3% en las inversiones mineras de la región, y las demás cifras presentadas parecieran no reflejar un protagonismo en el desarrollo minero de la región, en los últimos años esta actividad ha contribuido notoriamente a la consolidación de la economía mexicana. En materia de inversión, es interesante observar que las cifras oficiales muestran una inversión de US\$ 459, 5 millones en el periodo 1992 – 1997, mientras que las proyecciones de la Cámara Minera de México para el periodo 1998–2000 alcanzan una cifra aproximada de US\$ 347 millones como inversión promedio anual en expansión y nuevos proyectos (SECOFI, 1998).

México es el primer productor mundial de plata, celestina y bismuto, con una participación del 17,3%, 41,5% y 40% respectivamente. También produce: fluoorspato, grafito, baritina, arsénico, antimonio, cadmio, plomo, zinc, sal, molibdeno, manganeso, yeso, azufre y cobre (participa con 3% en la producción mundial de cobre) (Figura 4).

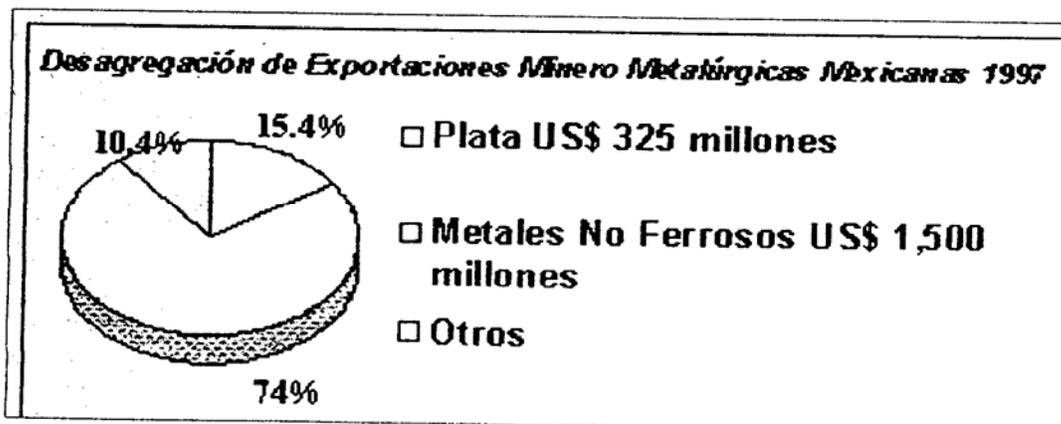


Figura 4. Valor de las exportaciones mineras en México

En materia de exportaciones, en 1997 el valor de las exportaciones minero metalúrgicas llegó a los US\$ 2,100 millones, lo que refleja un crecimiento del 3.4% en relación al año anterior.

III.7. Situación de la minería en Sonora

III.7.1. Repercusión económica de la minería en Sonora

La minería sonorense se caracteriza por ser una actividad muy intensiva, a pesar de requerir de grandes superficies para desarrollarse. Para diciembre de 1998 existen 2,092 concesiones mineras otorgadas para el Estado, para la extensión de muy variados minerales, ocupando una superficie total equivalente al 2% del estado, abarcando a cerca del 8% de la P.E.A. de Sonora, con una aportación en el P.I.B.E. de casi el 11.5%. En el 2001, casi la totalidad de nuestro estado está reclamada como zona minera.

En los últimos años la actividad minera de Sonora presentó un dinamismo sin precedente en lo que se refiere a exploración, explotación y servicios. En dichas actividades para el año 2000 estuvieron involucradas un total de 93 empresas de las cuales 13 explotan minerales metálicos y 16 no metálicos; 27 se dedican a la explotación y 37 prestan servicios de apoyo al sector creciendo a una tasa del 12.3%, que aporta 13,003 empleos con una tasa de crecimiento del 7.9% anual (Gob. Edo. de Sonora, 1998; Bracamontes, 1999). Actualmente, la minería sonorense no pasa por una etapa de modernización, sino de reconversión industrial. (ColSon, 1986).

Dentro del Plan Estatal de Desarrollo 1998 - 2003 se contempla consolidar la actividad minera y establecen de manera especial, la reactivación de la pequeña y mediana minería. El principal problema actual que afronta la minería, es la significativa disminución del precio del oro y cobre. Otros problemas involucrados con la actividad se refieren a los excesivos trámites y la falta de seguridad en el medio rural.

III.7.2. Organización minera en Sonora

Todos los proyectos y fondos mineros identificados hasta hoy en el estado, se encuentran dentro de 8 grandes regiones mineras, las cuales engloban a su vez a 14 distritos y 4 zonas mineralizadas (Consejo de Recursos Minerales, 1992) Dichas regiones mineras están concentradas en la porción noreste de Sonora y está inclinado a los yacimientos minerales metálicos:

Región Bahía de Adair	Distrito de Adair
Región de Caborca	Distrito Minero de Caborca, Distrito Minero de Antimonio, Distrito minero El Boludo
Región de Altar	Distrito minero Magdalena-Tubutama, Zona mineralizada de Nogales
Región de Cananea	Distrito minero de Cananea, Zona mineralizada de Magallanes, Zona mineralizada de Imuris
Región de Esqueda	Distrito minero Pilares-El Tigre, Distrito minero de Esqueda,
Región de Cucurpe	Distrito minero de Cucurpe, Zona mineralizada de San Francisco
Región de Tónichi	Distrito Minero San Javier, Distrito carbonífero de Sonora
Región de Nacozari	Distrito minero de Nacozari, Distrito minero de Cumubabi
Región de Hermosillo	Distrito minero La Verde

Tabla 2. Distritos Mineros de Sonora

Pruebas de exploración minera, demuestran que en el año de 1980, existía un total 248,505 ton de reservas probadas de oro, plata, plomo, cobre y zinc, localizados en fondos mineros de 10 municipios, destacando entre ellos a Cananea, Hermosillo y Nacozari. Nuevas exploraciones incrementaron en casi un 50% las reservas minerales para 1990, llegando a 375,007 ton de mineral en 9 municipios, siendo igualmente Cananea, quien encabeza la lista, y la plata, oro y cobre los minerales mejor representados en el Estado.

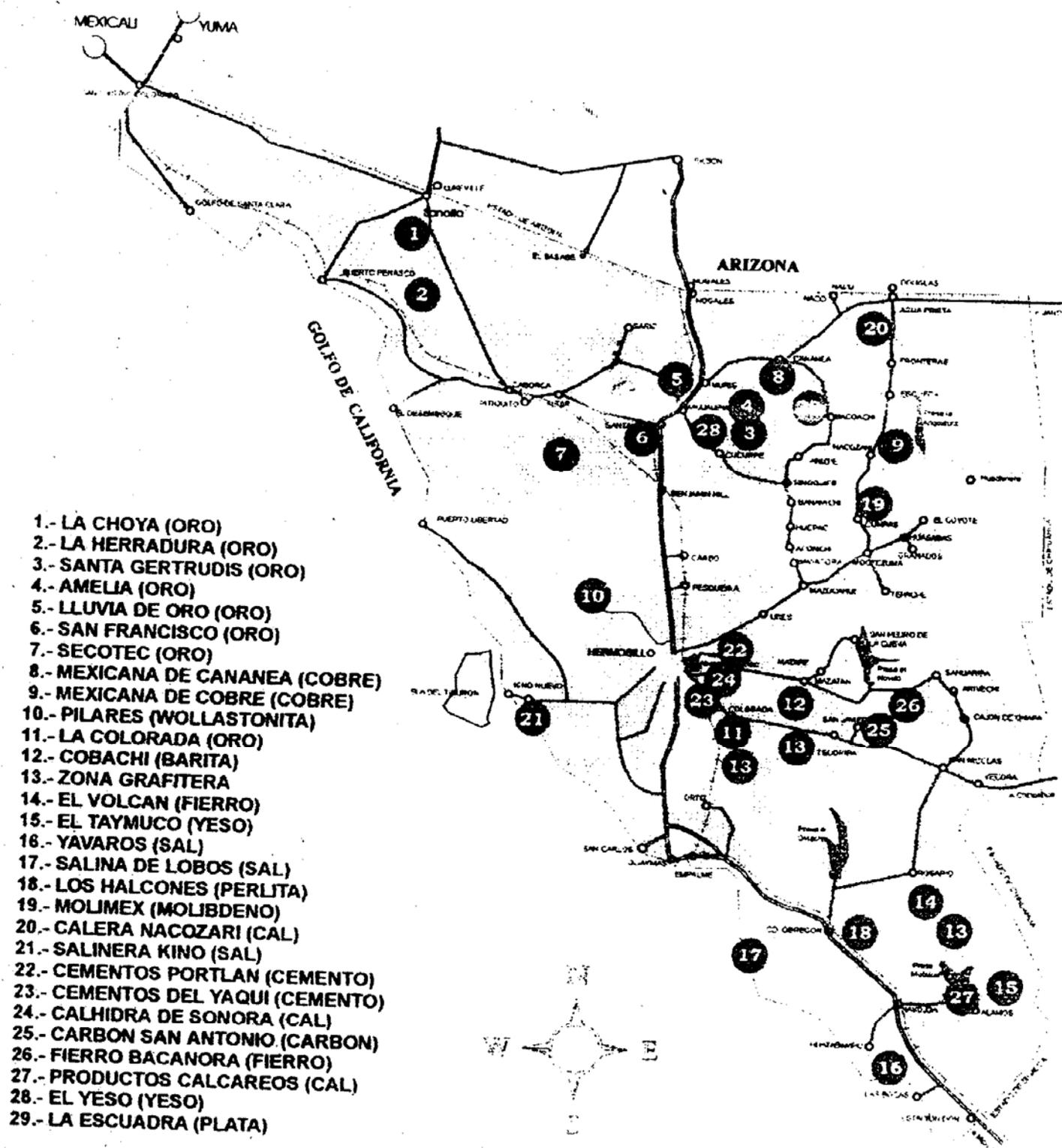


Figura 5 Regionalización de la minería en Sonora

Mineral	1980					1990				
	Oro	Plata	Plomo	Cobre	Zinc	Oro	Plata	Plomo	Cobre	Zinc
Cananea	862	12548		44317		173	9080		85296	
Hermosillo	13	497987	15			39		32		85
Nacozari	238		108679			406	76803		188043	
Tepache	23	38803				22	37984			
San Javier		5919	143				2062	56		
Carbó					5990					
Alamos			20					9		
Pitiquito	318									
San Felipe			545		874			418		179
Otros	123	17145	1008	429	144	77	7972	651	2999	353
Total	1050	236915	1732	15373	8808	717.9	133901	1253	238328	808

Tabla 3. Principales municipios con reservas mineras probadas (Ton).

III.7.3. Tipos de minas en Sonora

Este apartado se centra en los cuatro tipos de minas que existen en Sonora: las minas a cielo abierto, las minas hidráulicas (es decir, de sedimentación), las minas subterráneas y las minas *in situ* (ColSon, 1999).

Minas a Cielo Abierto. La explotación de minas a cielo abierto implica la excavación gradual de una gran fosa de forma crónica. Estas minas generalmente se construyen en plataformas que descienden en forma espiral. Las plataformas pueden servir como caminos para los enormes camiones que transportan el mineral bruto a las plantas de procesamiento y los escombros de piedra a los vertederos. Algunas minas de cobre, por ejemplo, miden unos 700 metros de profundidad y más de 3.5 km. de ancho



Figura 6. Mina a cielo abierto en Sonora (Mina Santa Gertrudis, en Cucurpe Sonora, tajo Dora)

La Explotación Hidráulica (Minería de Sedimentación o de “Placer”). Los yacimientos minerales de sedimentación consisten en oro u otras partículas de minerales de interés en sedimentos que han sido desplazados por la erosión y transportados por las aguas río abajo desde sus lugares de origen en sitios más altos. La explotación de estos placeres (sedimentos) puede darse en gran variedad de escalas pero, independientemente de la envergadura de la operación, los requisitos básicos son los mismos. Hay que remover con dragas la grava que contiene los minerales y hacerla pasar por una serie de trampas escalonadas que permiten el deslave de los minerales más ligeros, mientras que los minerales más pesados, como el oro, van descendiendo al fondo durante la operación. Normalmente se usa agua para hacer pasar los sedimentos por el sistema (de ahí el nombre de “minería hidráulica”).

Este tipo de explotación a gran escala puede trastornar el valle de un arroyo y puede dar al traste con todo lo que se encuentra en su camino. Una variante de este tipo de minería a gran escala, que se usa en lugares en donde un río se vierte al océano o aun lago, causa igualmente grandes trastornos en el ambiente costero. En algunos casos la explotación de sedimentación se combina con la de cielo abierto o con la subterránea.

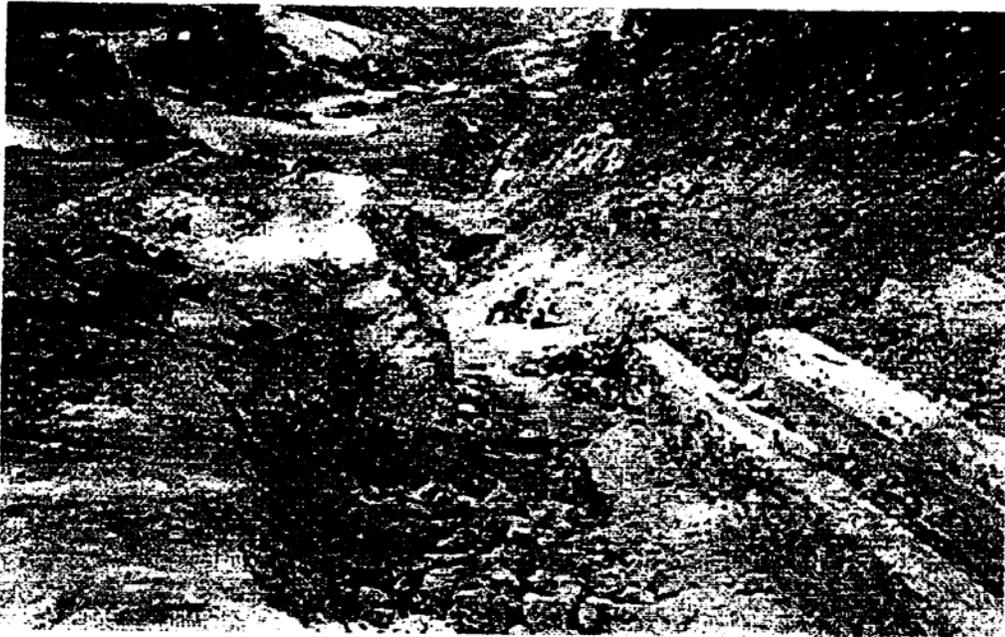


Figura 7. Mina hidráulica combinada con tajo abierto

Minería Subterránea. La minería subterránea consiste en llegar a un cuerpo mineral de interés a través de uno o varios “tiros” (pozos) y galerías más o menos horizontales. La mayoría de los complejos modernos de explotación minera transportan a mineros y el equipo a los varios niveles de la mina en un elevador que se desplaza en un tiro. Además, la mena extraída es llevada normalmente a la superficie en estos elevadores, aunque en algunas minas es transportada a la superficie, para ser beneficiada, a través de un largo túnel inclinado que se conoce ya sea como una “declinación” o una “inclinación”, dependiendo de que el tráfico baje o suba a través de él. Generalmente se instala algún tipo de transportador en el declive para llevar la mena y los escombros a la superficie, donde se procesan o se reubican.

Las minas subterráneas a escala menor generalmente son menos complejas, pero esto no se traduce automáticamente en un impacto ambiental menor ya que muchas minas de tamaño más reducido permanecen inactivas durante una parte del año y durante este periodo de inactividad las condiciones pueden cambiar, lo que conlleva contaminación y pérdida del hábitat. Además, algunas minas de tamaño reducido están ubicadas en ambientes de alta calidad o frágiles, donde incluso la liberación de una pequeña cantidad de contaminantes puede ocasionar daños graves y duraderos.

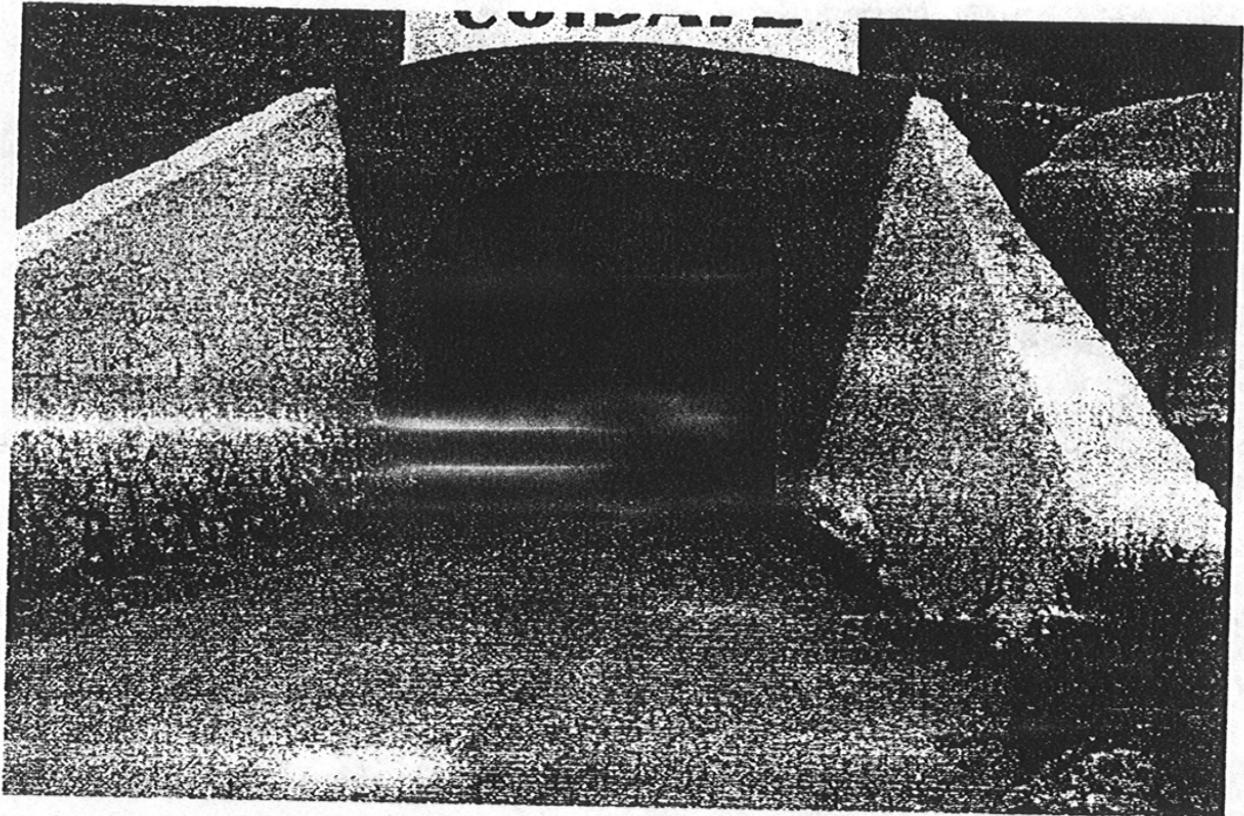


Figura 8. Entrada a una mina subterránea

Minería In Situ. En la minería in situ no se extrae la mena de la tierra para su procesamiento. En vez de ello, la mena se deja en su lugar y se introducen extractores químicos (que se conocen como “lixiviantes”), generalmente ácidos fuertes, a la tierra a través de un pozo de inyección. Estos extractantes disuelven (o “lixivian”) los minerales valiosos y los extraen de las piedras y la tierra. El líquido cargado de minerales (que se llama “solución preñada” o “solución de lixiviación preñada”) se lleva, mediante bombeo, de vuelta a la superficie para su procesamiento.

La minería in situ se usa cada vez más para extraer cobre, uranio y algunos no metales como la potasa y la ceniza de soda. También se usa algunas veces para recuperar otros minerales de yacimientos de baja ley o de los que los minerales son difíciles de extraer en minas subterráneas o cielo abierto ya explotadas.

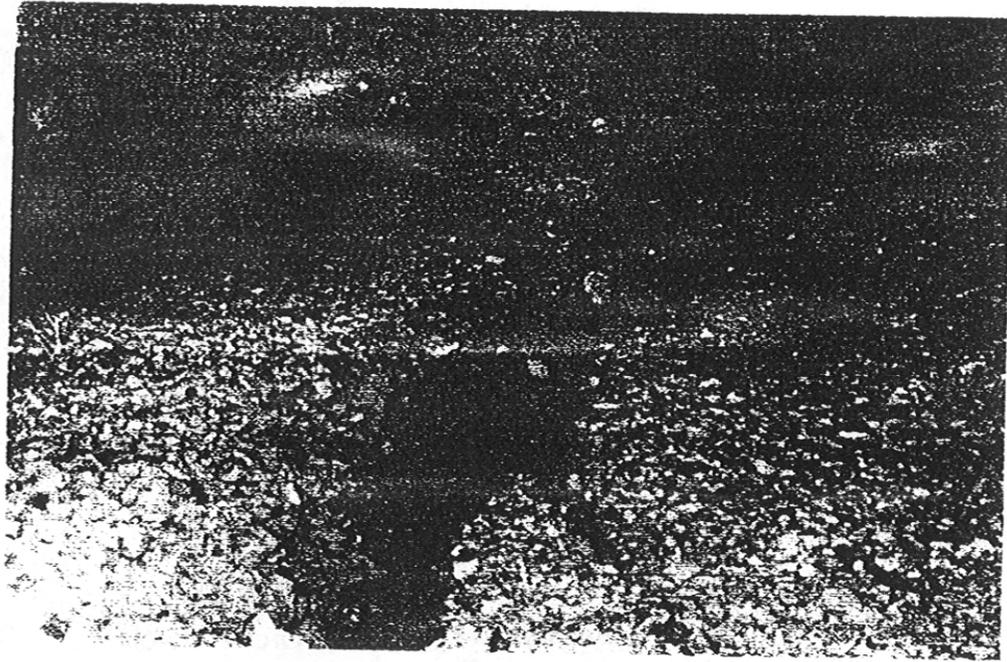


Figura 9. Efectos de una mina in situ

Aunque la minería in situ tiene la ventaja de reducir enormemente la cantidad de desperdicios sólidos producidos por los métodos de explotación no químicos, representa un peligro significativo para el agua subterránea. Puesto que el ambiente subterráneo (sobre todo la hidrología) de las zonas que contienen minerales es muy difícil de predecir, incluso cuando se realiza una exploración extensiva, siempre hay una alta probabilidad de que el ácido inyectado se pierda en una fisura inesperada de los estratos subterráneos (como ha sido el caso, por ejemplo, de una mina de Arizona) y termine en los mantos acuíferos o los pozos de agua potable.

IV. TRATAMIENTO MINERO PARA EL CIERRE DE UNA MINA

IV.1. Panorama minero normativo en materia de cierre

En esta sección haremos un listado de estos elementos y revisaremos su tratamiento en algunos otros sistemas maduros de planificación de cierre a fin de observar las distintas modalidades y los argumentos técnicos potenciales de retomar en nuestra propuesta. En resumen, son los países de Canadá, Estados Unidos, Australia, Sudáfrica y Bolivia, quienes presentan de manera formal y por normatividad, el cierre de minas.

IV.1.1. Normativa que consagra y regula el sistema de planificación de cierre

En primer lugar debemos tener presente que para que estemos en presencia de un sistema de planificación de cierre minero debe existir una normativa jurídica que lo consagre. Esa normativa es el elemento básico y anterior a todos los demás, puesto que tal normativa es la que contiene los elementos que dan organicidad al sistema, que son los que veremos a continuación.

En cuanto al tipo o jerarquía de la norma cabe señalar que adquiere diversas expresiones en los distintos sistemas observados, dependiendo de la estructura del ordenamiento jurídico del que forma parte. En todo caso, es común encontrar un cuerpo legal que lo consagra y fija sus elementos esenciales, acompañado de una norma de mayor flexibilidad que lo regula en sus detalles. Incluso en algunos sistemas se puede observar que la autoridad competente ha elaborado los lineamientos para su correcta aplicación.

Australia Occidental	<ul style="list-style-type: none"> - MINING ACT, 1976 - Department of minerals and Energy, Western Australia, Guidelines for Mining Project Approval Australia (Rev. Ed. Julio 1993) - Guidelines for the application of environmental conditions for onshore mineral exploration and d on conservation reserves and other environmentally sensitive land in Western Australia 	
Canadá	British Columbia	<ul style="list-style-type: none"> - BC Environmental Assessment Act - Mines Act, Revised Statutes of British Columbia, 1996 - Health, Safety and Reclamation Code for Mines, 1997 - Environmental Assessment Reviewable Projects Regulation.
	Ontario	<ul style="list-style-type: none"> - Ontario Mining Act, Revised Statutes of Ontario 1990 - Bill 26, 1996 (Schedule "O" del Savings and Restructuring Act, 1996) - Ontario Regulation 114/91 - Rehabilitation of Mines, Guidelines for Proponents
	Québec	<ul style="list-style-type: none"> - Mining Act (Revised Statutes of Québec), 1994 - Regulation respecting mineral substances, other than petroleum, natural gas and brine - Guidelines for preparing a mining site rehabilitation plan and general mining site rehabilitation requ
Estados Unidos	Colorado	<ul style="list-style-type: none"> - Colorado Mined Land Reclamation Act - Colorado Land Reclamation Act for the Extraction of Construction Materials
	Nevada	<ul style="list-style-type: none"> - Nevada Administrative Code
	New Mexico	<ul style="list-style-type: none"> - New Mexico Mining Act - New Mexico Mining Act Implementation
Sudáfrica	<ul style="list-style-type: none"> - Minerals Act 50, 1991 - Department of Minerals and Energy, Aide-Memoire for the Preparation of Environmental Programme Reports for Prospecting and Mining (1992). 	
Bolivia	<ul style="list-style-type: none"> - Ley de Medio Ambiente (1.333) - Reglamentos de la Ley de Medio Ambiente, especialmente Reglamento de Prevención y Control / - Código de Minería (Ley 1777) - Reglamento Ambiental para Actividades Mineras. 	
Argentina	<p>Tratado de Comercio con Chile (borde fronterizo minero)</p> <p>Código de minería subido a Ley de Protección Ambiental para la actividad minera (1995) llamada de minería, y su Reglamento</p> <p>Ley de Inversiones mineras (24.196)</p> <p>Ley de Reordenamiento minero (24.224)</p> <p>Acuerdo Federal minero (24.228)</p> <p>Ley de actualización minera (24.998)</p>	
Brasil	<p>Constitución Federal de 1988 (Art. 20 y 255)</p> <p>Ley 6.938 regulada por Decreto 99.274</p> <p>Ley 7.805 de 1989, regulada por Decreto 98.812 de 1990</p> <p>Decreto 97.632 de 1989</p> <p>Resoluciones 001/86, 009/90 y 010/90 de CONAMA</p>	
Chile	<p>Constitución Política de Chile (1980)</p> <p>Ley de Medio Ambiente Art. 10 y su Reglamento</p> <p>Reglamento de Seguridad Minera, cuyo artículo 22 obliga a la empresa minera a dar aviso escrito a (Servicio Nacional de Geología y Minería) de la decisión de abandonar un trabajo de exploración explotación</p> <p>No existe en Chile una normativa específica sobre planificación de cierre de minas.</p>	
Ecuador	<p>Sección VI "Del Medio Ambiente" de la codificación de la Constitución Política de la República del su Art. 44</p> <p>Numeral 17 de las Políticas Básicas Ambientales del Ecuador establece que se dará especial atención actividades mineras para evitar la contaminación ambiental originada por ellas</p> <p>Ley de Minería dedica el Capítulo II del Título V a la preservación del ambiente. Su artículo 79 dis titulares de concesiones mineras y de plantas de beneficio, fundición y refinación, deberán efectua</p>	

IV.1.2. Autoridad Competente

Todo sistema de planificación de cierre de faenas mineras requiere de una autoridad competente para su aplicación. Es interesante observar que se requiere competencia para administrar el procedimiento de aprobación del plan de cierre, para fiscalizar el cumplimiento y para administrar el sistema de garantía financiera.

No es necesario que todas estas competencias se concentren en un sólo organismo o agencia gubernamental. Por otro lado, es posible observar que, tratándose de la competencia para la aprobación y fiscalización, en algunos casos se toma en consideración la magnitud del proyecto de que se trate y/o de los efectos ambientales susceptibles de generarse.

País		Autoridad competente para el cierre de minas
Western Australia		Departamento de Minerales y Energía de Western Australia (<i>Department of Minerals and Energy of Western Australia</i>)
Canadá	British Columbia	Ministerio de Energía, Minas y Recursos de Petróleo de British Columbia (<i>Minister of Energy, Mines and Petroleum Resources</i>), que designa un Inspector Jefe de Minas (<i>Chief Inspector of Mines</i>)
	Ontario	Ministerio de Desarrollo del Norte y de Minas (<i>Ministry of Northern Development and Mines</i>), que designa al Director de Rehabilitación de Minas (<i>Director of Mine Rehabilitation</i>).
	Québec	Ministerio de Recursos Naturales (<i>Ministère des Ressources Naturelles du Québec</i>). Es la misma autoridad que otorga los derechos mineros.
Estados Unidos	Colorado	División de Minerales y Geología del Departamento de Recursos Naturales.
	Nevada	División de Protección Ambiental (<i>Division of Environmental Protection</i>) del Departamento Estatal de Conservación y Recursos Naturales (<i>State Department of Conservation and Natural Resources</i>)
	New Mexico	Director de la División de Minería y Minerales (<i>Mining and Minerals Division</i>) del Departamento de Energía, Minerales y Recursos Naturales (<i>Energy, Minerals and Natural Resources Department</i>)
Sudáfrica		Departamento de Minerales y Energía (<i>Department of Minerals and Energy Affairs</i>)
Bolivia		Ministerio de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente
Argentina		Consejo Federal de minería en 12 provincias de Argentina
Brasil		Unión Federal del Brasil
Chile		Sernageomin (Servicio Nacional de Geología y Minería)
Ecuador		Subsecretaría de Medio Ambiente del Ministerio de Energía y Minas.
Perú		Ministerio de energía y Minas
México		Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales

Tabla 5. Planificación de Cierre: Autoridad Competente por país

IV.1.3. Objetivos de la planificación de cierre

El principal objetivo de la planificación de cierre es reducir la extensión del daño ambiental y la generación de residuos, a través de la reducción del lapso de tiempo entre la ocurrencia del daño y la remediación. Los otros objetivos que puedan resultar de un plan de cierre son verdaderamente directos y frecuentemente son específicos para el sitio. En efecto, la definición de objetivos, siendo un elemento esencial de todo sistema de planificación de cierre de minas, varía de lugar en lugar, y no podría ser de otra forma puesto que debe adecuarse a la realidad de cada sistema, como hemos anunciado debe ser adecuado al tipo de minería, al o a los ecosistemas específicos, etc. A pesar de ello es posible anotar algunos de los objetivos que aparecen en más de uno de los sistemas maduros de planificación de cierre. En este sentido, los principales objetivos de la planificación de cierre y la gestión ambiental integrada de todo el ciclo de vida de una mina incluyen:

- La generación reducida de residuos y el incentivo para un reciclaje eficiente.
- El uso eficiente de energía
- El uso eficiente de sustancias químicas y la minimización de cualquier daño proveniente de su suministro, uso y disposición.
- La estabilización de residuos y reducción de drenaje de aguas ácidas o contaminación del agua desde el inicio.
- Disposición y contención de residuos para lograr descarga cero en el tiempo.
- Remediación progresiva y revegetación.
- Asegurar el viable uso de la tierra post minería para la región.
- Asegurar que no existan impactos que deterioren la salud de la comunidad local
- Asegurar que las comunidades locales no se empobrecerán como resultado de la minería o al final de la vida de la mina.
- Cubrir los costos durante la vida de la mina
- Incrementar la utilización de su capacidad durante la vida de la mina.

A continuación se presenta un cuadro que resume los objetivos observados en los sistemas de planificación de cierre de diferentes países.

Australia	Western Australia	- Se debe implementar un uso del suelo posterior a la actividad minera
	South Australia	- Dejar el sitio limpio y seguro después que la actividad minera ha terminado. - Crear las condiciones necesarias para permitir un uso posterior del suelo. - Estabilizar el sitio mediante el control de la erosión. - Eliminar el impacto visual.
Canadá	British Columbia	- Los principales objetivos de la recuperación (<i>reclamation</i>), incluyen el uso posterior de productividad, calidad del agua, y estabilidad de estructuras
	Ontario	- Minimizar el impacto de las actividades mineras en la salud y seguridad públicas y en el medio ambiente a través de la rehabilitación de los suelos mineros.
	Québec	- Restaurar el sitio a una condición satisfactoria: 1) eliminar peligros inaceptables a la salud y asegurar la seguridad pública; 2) limitar la producción y circulación de sustancias que podrían dañar el medio ambiente que la actividad minera genera en el largo plazo, tratar de eliminar la mantención y monitoreo; 3) restaurar el sitio a una condición en que sea visualmente aceptable a la comunidad; 4) recuperar (<i>reclaiming</i>) las áreas donde las infraestructuras estén ubicadas (excluyendo la acumulación) para usos futuros. 5) Todas las áreas afectadas por las actividades mineras deben ser revegetadas para el control de erosión y restaurar la condición natural del sitio.
Estados Unidos	Alaska	▪ Prevenir la degradación innecesaria del medio ambiente
	California	- Asegurar que las minas no representan una amenaza para la calidad de las aguas.
	Colorado	- Fomentar el desarrollo de la industria minera y rehabilitar las tierras afectadas por las actividades mineras para que puedan tener un uso beneficioso para los ciudadanos del estado, es decir, que el plan permita alcanzar el uso definitivo indicado por el operador y/o dueño de la superficie.
	Montana	- Restablecer la vegetación y estabilizar los suelos
	Nevada	- Minimizar los efectos visuales de la etapa posterior al cierre ambiente.
	New Mexico	- Lograr un ecosistema auto-sustentable a continuación del cierre.
Sudáfrica		- La salud y seguridad de las personas y animales deben protegerse de los peligros resultantes de las actividades mineras. - El daño medio ambiental o los impactos ambientales residuales, deben minimizarse hasta un nivel aceptable para todas las partes involucradas. - La tierra debe rehabilitarse, hasta donde sea posible, a su estado natural o a un estado predeterminado acordado según estándares que permitan un uso sustentable del suelo. - La estabilidad física y química de las estructuras resultantes, debe ser tal, de modo que los riesgos ambientales no aumenten por la ocurrencia de fenómenos naturales, hasta el límite de que ese aumento de riesgo no pueda contenerse con las medidas instaladas. - La explotación óptima y la utilización de los recursos naturales no se afecten negativamente. - Las minas sean cerradas en forma eficiente y al más bajo costo posible. - Las minas no deben ser abandonadas, sino cerradas de acuerdo con estas políticas.
Bolivia		- Recuperación de las áreas aprovechadas con el fin de reducir y controlar la erosión, estabilizar los suelos y proteger las aguas superficiales, corrientes subterráneas y aguas termales. Es el conjunto de

IV.1.4. Contenidos mínimos de los planes de cierre

Los sistemas estudiados nos muestran enumeraciones bastante detalladas de los contenidos que son requeridos a los planes de cierre. Lo cierto es que éste es uno de los puntos centrales que ayudan a definir la eficacia de un sistema de planificación de cierre, desde el momento en que este instrumento, como la mayoría de los instrumentos de gestión ambiental, requiere de un nivel adecuado y suficiente de información para el logro de decisiones ambientales ajustadas a la realidad cierta del proyecto de que se trate.

Ahora bien, éste es también un elemento que en sus detalles varía de lugar en lugar, particularmente ajustándose a las características propias de la minería, de los terrenos, paisajes, geografía, etc. Lo importante es definir un equilibrio adecuado en cuanto a la calidad y cantidad de la información que se requiere, puesto que, por un lado, la obtención de la información implica costos, y no es la idea generar un instrumento de costos tan altos que no pueda ser implementado, y, por otro, información insuficiente llevará a una planificación pobre que no logre los resultados de acuerdo con los objetivos planteados en cada caso. Bajo esta consideración también es posible pensar en requerir contenidos diferenciados dependiendo del tipo de actividad que se realice o pretenda realizarse. En este sentido podríamos encontrar sistemas en que la planificación del cierre:

- sea parte de un permiso minero,
- sea parte de la Evaluación de Impacto Ambiental,
- se relaciones de alguna forma con la aprobación de otros permisos mineros, como la aprobación del plan minero, o de la evaluación de impacto ambiental.

Sin embargo, en la revisión realizada, se observa que existen varias posibilidades intermedias. Entoces, en la práctica, por la eficiencia del sistema de permisos, puede ser que un proyecto que ha sometido su programa de rehabilitación sea enviado al proceso de evaluación ambiental, lo que no significa que la aprobación del programa se dé en el marco de esa evaluación ambiental, sino que se debe pasar por ella en forma anterior a la obtención del permiso minero.

IV.1.5. Sanciones e incentivos

De acuerdo al abanico de sanciones observado en los sistemas mineros estudiados, es posible afirmar que ellas pueden ser de carácter administrativo, civil o penal, siendo el tipo más recurrente la multa.

La sanción más común para el incumplimiento de las medidas comprometidas en el plan de cierre es que han implementado un sistema de garantía financiera, para la realización o liquidación de ese instrumento financiero, con cuyo producto la autoridad podrá implementar las medidas incumplidas.

Referente a incentivos, sólo en los sistemas canadienses anotados, encontramos un incentivo común para el cumplimiento completo de las medidas comprometidas en el plan de cierre, que es el Certificado de Cierre, denominado también Exit-Ticket o Certificado de Exoneración (*certificate of release*).

La propia garantía financiera suele también funcionar como un importante incentivo para el cumplimiento de las obligaciones de cierre, y también para que esta implementación se desarrolle de manera progresiva, dependiendo de la regulación que se le dé. En efecto, tal como lo hemos observado en los sistemas de Québec y Ontario, entendemos que este mecanismo incentiva la implementación temprana de medidas de cierre cuando consagra la posibilidad de disminuir el monto al valor de las medidas remanentes.

En el resto de los países, ni en Latinoamérica se consigue este permiso. En México, lo más cercano es la certificación como industria limpia, pero no lo exime de responsabilidades.

Bolivia	<p>Ficha Ambiental, Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EEIA), Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA), Manifiesto Ambiental (MA), Declaratoria de Adecuación ambiental (DAA Auditoría Ambiental de línea Base (ALBA)</p> <p>Requerimiento de un cierre planificado y rehabilitado en todas las áreas mineras.</p>
Argentina	<p>Informe de Impacto Ambiental (IIA)</p> <p>Descripción de acciones para el cierre y el monitoreo postcierre</p>
Brasil	<p>Son tres los instrumentos de control específico relativos a potenciales riesgos o daños ambiental susceptibles de generarse por la actividad minera: Estudio de Impacto Ambiental, Licencias Ambientales y <u>Plan de recuperación de áreas degradadas</u></p>
Chile	<p>Plazos estrictos para el pronunciamiento de la autoridad, y un sistema de ventanilla única cuanto a permisos ambientales. aviso escrito a SERNAGEOMIN (Servicio Nacional de Geología y Minería) de la decisión de abandonar un trabajo de exploración o faenas de explotación. La práctica más reciente ha sido que algunos operadores, particularmente los más grandes, someten a la consideración de Sernageomin un paquete de medidas conservativas o mitigadoras de algunos de los impactos de cierre, lo que resulta en una especie de plan consensuado con la autoridad. Sin embargo, bajo este sistema las compañías que someten planes han sido una minoría, y lo han hecho al cesar sus operaciones más que en forma anticipada. Principalmente esta preocupación observa a propósito de los tranques de relaves.</p>
Ecuador	<p>Plan de Manejo Ambiental, el artículo 80 de la misma ley se encarga de fijar sus contenidos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Descripción del proyecto y las medidas ambientales a aplicarse 2. Cronograma de actividades; 3. Mapa del área de ejecución del proyecto, delimitando el sitio o los sitios donde se ejecutará y su posible área de influencia; 4. Tratamiento a dar a los desechos sólidos, efluentes líquidos y gaseosos, antes de que éstos sean descargados al medio ambiente, de acuerdo a los límites permisibles; 5. Evaluación del cumplimiento de las medidas ambientales programadas; 6. Declaración de efecto ambiental, para la etapa de exploración; 7. Estudio de Impacto Ambiental, con su respectivo plan de manejo ambiental, para las etapas explotación, diseño, construcción, operación y desmantelamiento del proyecto; y, 8. Programas de capacitación y concientización ambiental permanente de los empleados, para incentivar acciones que minimicen el deterioro ambiental. <p>Si la actividad minera requiere de trabajos que obliguen a la tala de árboles, el titular del derecho minero es obligado a reforestar con las especies propias de la zona. Otra de las particularidades de esta normativa es que contempla causales de extinción y caducidad de los derechos mineros en caso de daño al sistema ecológico, o de producirse graves alteraciones al medio ambiente respectivamente.</p>
Perú	<p>Una de estas guías elaboradas por el Ministerio de Energía y Minas es la "Guía Ambiental para Cierre y Abandono de Minas", que, como hemos anunciado no es de aplicación obligatoria sino voluntaria. Por su parte la Guía Ambiental para elaborar Programas de Adecuación Manejo Ambiental (PAMA) incorpora un capítulo referido al Plan de Cierre. La Guía para elaborar Estudios de Impacto Ambiental recomienda incluir un plan de procesamiento mineral, un plan de monitoreo ambiental, un plan de rehabilitación del proyecto un plan de manejo ambiental y un plan de seguridad y salud ocupacional. Se señala que dentro del plan de rehabilitación del proyecto, éste debe incluir tecnologías razonables y aceptadas que se utilicen para prevenir la degradación ambiental excesiva siguiendo un plan de cierre del proyecto. Co</p>

British Columbia	<ul style="list-style-type: none"> - Obstruir, impedir o interferir con un inspector - Contravenir una disposición de la Ley, sus reglamentos, el código o una orden dada bajo cualquier de ellas 	<ul style="list-style-type: none"> - multa de no más que 100,000,0 - prisión de no más que un año - o ambos
	- Si un Inspector despacha una noticia escrita sobre cualquier persona alegando una contravención a la Ley, los reglamentos o el código, o una orden bajo cualquiera de ellos	Multa entre \$500 – \$5,000 por cada día de infracción, después de recibida la noticia.
Ontario	-Contravenir cualquier disposición de la Parte VII Ley o su reglamento, o no cumplir con adoptar todos los pasos para obedecer las condiciones de una orden del Director (la reforma agrega: del Comisionado o Ministro)	Una multa de no más que \$30,000 por cada día
	<p>Incumplir con :</p> <ul style="list-style-type: none"> - sección 141 o 142 antes de comenzar o recomenzar un proyecto -un plan de cierre aceptado - someter el informe anual - dar noticia al Director de una expansión planificada o alteración - dar la noticia que se requiere de los proyectos existentes - con someter el plan de cierre requerido a los proyectos existentes 	Prohibir la exploración avanzada, minería o producción minera en el sitio
	Alterar, destruir, remover o deteriorar cualquier trabajo de rehabilitación hecho de acuerdo con la Parte VII o un plan de cierre aceptado sin el consentimiento del Ministro	multa de no más que \$30,000.
	Incumplir un director u oficial de una corporación con el deber de adoptar todo el cuidado razonable para asegurar que la corporación cumpla con los requerimientos de la Parte VII.	multa de no más que \$10,000
Québec	El titular de derechos mineros no cumpla con las condiciones, obligaciones o restricciones aplicables al ejercicio de los mismos	El Ministro (MRN) puede suspender o revocar el derecho minero
	Cualquier persona que no someta el plan para aprobación, o que el plan no cumpla con los contenidos mínimos establecidos; que no cumpla con hacer los trabajos de rehabilitación y restauración en conformidad con el plan aprobado; que no someta el plan revisado para su aprobación por parte del Ministro; que no presente una garantía adicional cuando es aumentado el monto de la garantía constituida; que mueva, distorba o dañe una instalación levantada bajo lo dispuesto por la división relativa a medidas protectivas y medidas de rehabilitación y restauración; o bien, obstaculice el desempeño de los deberes de un inspector, lo engañe, se niegue a proporcionar cualquier información o documento requerido por el inspector, u oculte o destruya cualquier documento o propiedad relevante para una inspección.	<p>Multa de</p> <ul style="list-style-type: none"> - \$600 a \$3,500 si es un individuo, - \$1,175 a \$6,975 si es una persona jurídica. <p>En caso de reincidencia la multa es de.</p> <ul style="list-style-type: none"> - \$1,175 a \$6,975 si es un individuo - \$2,325 a \$13,925 si es una persona jurídica
Bolivia	Para las empresas que estaban fuera de Ley por ser anteriores, o faltar en su encomienda, se les solicita un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental, del tipo analítico integral o analítico específico para integrarse al campo normativo.	
Argentina	Art. 23 de la Ley de Inversiones mineras obliga a dejar un monto de fondo de reserva para financiar tarea de prevención o remediación, deducible de impuestos, con un límite del 5% de costos operativos de extracción y beneficio. Si no se emplea, es tributable al finalizar el ciclo productivo.	
Brasil	Para la permanencia de una mina, debe observar los siguientes estudios durante el ciclo de vida de	

IV.2. Intentos para el cierre de minas en México

El abandono de minas en México es un problema severo y no suficientemente estudiado. A la fecha no existe un sólo caso documentado de cierre planeado de minas que hubieren concluido su ciclo productivo, ni ante las autoridades mineras ni ante las ambientales. Esta circunstancia puede explicarse por la carencia, hasta muy recientemente, de instrumentos de regulación y control específicos para tales actividades y por la falta de creatividad de las autoridades en el uso de los instrumentos de política ambiental a su alcance. En este documento se exploran los distintos ordenamientos existentes en México y la dificultad de su aplicación al caso que nos ocupa.

La riqueza minera de México ha sido el hilo conductor del desarrollo de los pueblos y naciones que se han asentado en su territorio desde hace más de tres mil años, y a veces de su perdición. Si bien en la época prehispánica la actividad minera se enfocó principalmente a la extracción de metales y piedras preciosas, a partir de la conquista y durante toda la época colonial la minería fue sin duda, la principal actividad económica de la Nueva España. La actividad minera mexicana decayó al terminar el periodo colonial a causa de las luchas por la independencia y de las de consolidación del nuevo Estado. El letargo duró prácticamente todo el siglo XIX. En su último cuarto, el nuevo país vio llegar empresas extranjeras, básicamente inglesas y estadounidenses, provistas de medios económicos y personal técnico, a explotar sus riquezas. No fue sino hasta 1932, en que el gobierno mexicano ordenó la nacionalización de las minas de oro, plata, cobre, mercurio, aluminio, hierro, bismuto y platino.

En este siglo, la industria extractiva ha sido una de las más importantes actividades económicas del país, a pesar de que la exploración y explotación de sus depósitos minerales guarda prácticamente la misma proporción que la de la época colonial. En este sentido, los números son reveladores: la superficie actual de México es de casi dos millones de kilómetros cuadrados y se estima que el 80% del mismo, o sea 1.6 millones de kilómetros cuadrados, reúnen las condiciones geológicas apropiadas para los procesos metalogénicos. A pesar de lo anterior, sólo 3,500 kilómetros cuadrados de esa superficie, el 2.2 %, está concesionada para exploración y explotación.

Como resulta obvio, acompañando a las actividades de descubrimiento y operación de minas necesariamente nos encontramos con su abandono y con los efectos de cada una de estas fases en el medio ambiente. Es importante señalar que hemos evadido el término “cierre” al referirnos a la fase minera post operativa porque encierra la idea de una actividad planeada. La normativa hacia esta fase ha ocasionado el nulo desarrollo de sistemas planificados para el cierre de minas. Ante esta realidad, la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, ha adoptado la terminología comúnmente utilizada en estos casos, la de “abandono de sitio”.

Como se ha mencionado con anterioridad, la legislación mexicana tradicionalmente no se ha ocupado de establecer normas *ad hoc* para contrarrestar los impactos de la minería sobre los ecosistemas, la vida silvestre o la salud humana en su fase post operativa o de abandono. Si bien ha habido intentos recientes de reparar esta omisión, existen instrumentos no debidamente identificados que permitirían a los concesionarios mineros delimitar su responsabilidad, y a las autoridades ambientales contar con medios para cumplir el mandato para el que fueron creadas: cuidar el equilibrio ecológico y proteger el medio ambiente.

IV.3. Acciones para el cierre de minas que se realiza en Sonora

En esencia, la explotación minera consiste sólo en identificar una zona con una cantidad de minerales suficientemente valiosos, excavar la mena que contiene esos minerales, y separar los minerales del resto de lo que se ha excavado. Sin embargo, es importante examinar más de cerca cada uno de los varios procesos en cuestión para comprender de qué manera se debe informar a las comunidades y cómo ellas pueden participar en el proceso (Comisión Sonora-Arizona, 1995; ColSon, 1999). El ciclo de vida completo de una mina aplicado en Sonora abarca normalmente las siguientes etapas:

- Exploración, caracterización y selección del sitio;
- Entrega de solicitud, otorgamiento de permisos y elaboración de un plan para la mina;
- Infraestructura, acceso y energía;

- Construcción de campamentos de trabajo y asentamientos poblacionales operativos;
- Extracción de la mena y desecho de las piedras y tierra no deseadas;
- Beneficio de la mena y operaciones en la planta;
- Colocación, contención, tratamiento y estabilización de jales;
- Cierre (cuando se está clausurando la operación);
- Cuidados posteriores al cierre (cuando el sitio ya dejó de ser operativo pero sigue requiriendo supervisión para evitar o atenuar la contaminación de los recursos hidráulicos u otros efectos adversos)

Derivado de la revisión de las actividades que actualmente desarrollan las dependencias, basados en el sistema normativo, así como a las disposiciones institucionales, es sólo el aspecto ambiental, quien se involucra en una política minera para el cierre en el Estado.

El cierre de una mina involucra varias actividades desde aspectos de aviso del cierre, desmantelamiento de las obras, la rehabilitación de las áreas habitadas, la remediación de los sitios ocupados que fueron mayormente alterados, actividades de monitoreo y supervisión de las condiciones del cierre para culminar con un sistema de respuesta en caso de daños o efectos secundarios al cierre o por consecuencia de la mina, insuficientes esfuerzos hasta el momento.

V. PROPUESTA PARA EL CIERRE DE MINAS

El desarrollo económico sostenible, el control ambiental de la actividad económica y el desempeño social de las empresas han sido temas de creciente importancia durante los últimos años en todo el mundo donde el Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.

Se parte además que todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano y que la ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarla. Para verificar el cumplimiento efectivo de tales mandatos constitucionales, se hace necesario contar con instrumentos contables que proporcionen información resumida, concisa e ilustrativa para aplicar en la gestión empresarial, la planificación sectorial y el control institucional y social de las diferentes actividades económicas.

En este trabajo se pretende mostrar que el diseño de indicadores de sostenibilidad y de desempeño ambiental y social aplicables a la industria extractiva contribuye al logro de metas de desarrollo sostenible. Es recomendable entonces que la industria minera adopte la filosofía de la sostenibilidad como objetivo principal para su planeamiento estratégico.

V.1. Marco legal para la minería en México

Durante los seis años del periodo 1988-1994, el gobierno mexicano cambió dramáticamente la constitución del país y las leyes federales. Para la mayoría de los mexicanos, el cambio más significativo fue, probablemente, el de la reforma del artículo 27 de la constitución, el cual fue una piedra angular de la revolución mexicana. Sin embargo, lo más importante para el sector minero fueron los cambios hechos en 1992 a la Ley Minera y la revisión en 1993 de las leyes referentes a la inversión extranjera. Por primera vez desde comienzos del siglo, México ahora le permite a intereses extranjeros ser propietarios de instalaciones mineras. Estos cambios produjeron rápidamente lo anticipado: el aumento de la inversión extranjera en la explotación de minerales.

La Ley Minera

La nueva Ley Minera refleja las prioridades del gobierno las cuales eran consistentes con las políticas promovidas por el Banco Mundial y el gobierno de los Estados Unidos. El artículo 6 de la ley proclama que “la exploración, explotación y beneficio de los minerales o sustancias son de utilidad pública, (y) serán referentes sobre cualquier otro uso o aprovechamiento del terreno”. Los permisos para la exploración y explotación de minerales pueden ser expedidos hasta por 90 días, sin que se requiera la participación pública. Asimismo, la nueva ley elimina los límites en el tamaño de las exploraciones.

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente

La legislación a la que se refiere es la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente de 1998 y su reforma en 1996. Esta ley creó la Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) que está encargado de regular todas las actividades que puedan impactar el medio ambiente. En el caso de la minería, estas regulaciones comienzan en las etapas de localización de yacimientos y exploración, continúan durante las operaciones, y concluyen con el cierre de la mina y otros lugares relacionados con la mina.

Normas Ambientales

Con la excepción de la Norma 120, el gobierno todavía no ha desarrollado reglamento ambientales específicas para regir las actividades mineras. No hay un conjunto de normas que establezca donde localizar, construir y operar las presas de los jales. La Cámara de Minería y la Asociación de Ingenieros de Minas, Metalúrgica y Geología han propuesto normas, de las cuales dos – las que cubren el dióxido de sulfuro y las operaciones de presas de jales – han sido usadas como modelos en el congreso para el desarrollo de futura legislación.

Ley de Aguas Nacionales

En el caso del Agua su fundamento legal se basa en la Ley de Aguas Nacionales, Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales (D.O.F. 1° de diciembre de 1992), y la Ley Federal de Derechos en Materia de Agua (1° de enero de 1997), NOM-001-ECOL-1996 (D.O.F. 6 de enero de 1997). Al respecto se establecen obligaciones y compromisos ambientales como recircular el agua residual del proceso de la planta concentradora, dar tratamiento a las aguas residuales de servicios generales y domésticas, muestrear y analizar las aguas provenientes de presa de jales, sanitarios, baños y servicios generales, el bombeo de la mina y del uso y aprovechamiento en servicios habitacionales e industriales.

Ley Agraria

A fines de 1991, se propuso al congreso la reforma del artículo 27 de la Constitución. Esta revisión dramática a la Ley Agraria le puso final a la redistribución de tierras; permitiéndole a ejidales y a comunidades indígenas la división y venta de porciones de sus tierras; e hizo imposible que corporaciones llegaran a acuerdos con ejidos, comunidades indígenas, y miembros de una comunidad, usando el valor de la tierra como colateral.

Ley de Salud y Ambiente Laboral

En México existen serias limitaciones para el registro de las enfermedades relacionadas a la minería y a otras industrias. Esto se debe, de acuerdo al análisis hecho por la Subdirección General Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), a la poca familiaridad que se tiene con los aspectos toxicológicos de los agentes químicos en el ambiente. En consecuencia, el manejo de datos médicos estadísticos disponibles para este trabajo, presenta las mismas limitaciones que resultan de cualquier manejo de estadísticas incompletas, exiguas o de difícil acceso. No obstante, la sistematización hecha sobre la información disponible, busca apuntar hacia la definición de grupos de riesgo en relación a la industria minera. La descripción y combinación de variables y grupos de riesgo, constituye la base del análisis propuesto en este trabajo.

VI. DESARROLLO DE UN PLAN DE CIERRE DE MINAS EN SONORA

VI.1. Normativa de base para regular el sistema de planificación de cierre

A continuación se analizan los ordenamientos e instrumentos ya existentes considerados en la propuesta para regular el sistema de planificación de cierre.

Ley Minera(LM)

Esta Ley, de carácter fundamentalmente productivista, contiene escasas normas respecto a la protección de los recursos minerales y no contiene disposición sustantiva alguna respecto a la protección del ambiente por los efectos de la exploración, explotación, beneficio y aprovechamiento de los minerales. Aún más, establece que estas actividades serán preferentes sobre cualquier otro uso y aprovechamiento del terreno (art. 6), sea agrícola, pecuario, forestal, de conservación, etc., salvo aquellos comprendidos en los casos de excepción que expresamente establece (arts. 13, 14).

No obstante lo anterior, la LM obliga a los titulares de concesiones de exploración y explotación de sujetarse a las disposiciones generales y normas específicas aplicables a la industria minerometalúrgica en materia de seguridad en las minas y de equilibrio ecológico y la protección al ambiente (art. 27, fr. IV). Asimismo, obliga a dichos concesionarios a que en las actividades de exploración, explotación y beneficio de minerales o sustancias, procuren el cuidado del ambiente y la protección ecológica, de conformidad con con la legislación y la normatividad de la materia (art. 39). Finalmente, se establece que las actividades de exploración y de explotación dentro de bienes, zonas o áreas a cargo de otras autoridades (presas, canales, centros de población, zona federal marítimo terrestre, áreas naturales protegidas), únicamente podrán realizarse con la autorización de estas (art.20)

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA)

La LGEEPA no contiene disposición alguna relativa específicamente al abandono de faenas mineras, pero sí contempla, de inicio, la utilización de sus instrumentos de política ambiental, a saber, normas oficiales mexicanas y la evaluación del impacto ambiental, para prevenir y controlar los efectos de la exploración y explotación mineras. Asimismo, es factible encontrar disposiciones genéricas en materia de conservación de suelos que pudieran ser aplicables a la fase de abandono de sitio.

El control a través de instrumentos de política ambiental de las Normas Oficiales Mexicanas (NOMs)

En consonancia con la LM, la LGEEPA establece que, para prevenir y controlar los efectos generados en la exploración y explotación de los recursos no renovables, la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), expedirá NOMs que permitan: i) el control de la calidad de las aguas y la protección de las que sean utilizadas o sean el resultado de esas actividades de modo que puedan ser objeto de otros usos; la protección de los suelos y de la flora y la fauna silvestres de manera que las alteraciones topográficas que generan esas actividades sean oportuna y debidamente tratadas, y iii) la adecuada ubicación y formas de los depósitos de desmontes, relaves y escorias de las minas y establecimientos de beneficio de los minerales¹. Estas NOMs deberán ser observadas por los titulares de concesiones, autorizaciones y permisos para el uso, aprovechamiento, exploración, explotación y beneficio de recursos no renovables².

No obstante lo anterior, a la fecha no existe NOM alguna que regule lo referido al cierre o abandono de faenas mineras.

Procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental (PEIA)

En tanto no existan NOMs que regulen los efectos de la exploración, explotación y el abandono de faenas mineras, existe en la LGEEPA un instrumento que puede contribuir significativamente a la protección del medio ambiente respecto de los efectos de las actividades mineras: el PEIA.

El problema competencial

La LGEEPA enlista, en su artículo 28, las obras o actividades que requerirán de autorización en materia de impacto ambiental por parte de SEMARNAP, previamente a su realización, entre ellas la exploración, explotación y beneficio de minerales y sustancias reservadas a la federación (fracción II). Existen otras fracciones relevantes a la minería tales como la correspondiente a instalaciones de confinamientos de residuos peligrosos (fracción IV), cambio de uso de suelo de áreas forestales, selvas y zonas áridas (fracción VII), y obras genéricas de competencia federal no listadas específicamente (fracción XIII).

Asimismo, el artículo 28 establece, en su segundo párrafo, que el Reglamento correspondiente (esto es, el Reglamento en materia de Evaluación de Impacto Ambiental o REIA, recientemente expedido), determinará obras o actividades que no deban someterse al PEIA, ya sea por que por su ubicación, dimensiones, características o alcances *i) no produzcan impactos ambientales significativos, ii) no causen o puedan causar desequilibrios ecológicos, iii) ni rebasen límites y condiciones establecidas en disposiciones jurídicas de preservación del equilibrio ecológico y protección al ambiente.* A mayor claridad, las actividades mineras en general están sujetas al PEIA (artículo 28, primer párrafo, fracción III, LGEEPA), salvo aquellas excluidas expresamente del mismo y listadas expresamente por el REIA (artículo 28, segundo párrafo, LGEEPA).

Por su parte, en el artículo 5 del REIA se detallan aquellas obras o actividades de competencia federal sujetas al PEIA, así como las excepciones a dicho trámite. En particular, el inciso L), señala las obras que deben sujetarse al procedimiento de impacto ambiental establecido en la LGEEPA, así como sus excepciones:

I. Obras para la explotación de minerales y sustancias reservadas a la federación, así como su infraestructura de apoyo, II. Obras de exploración, **excluyendo** las de prospección gravimétrica, geológica superficial, geoelectrica, magnetotelúrica, de susceptibilidad magnética y densidad; así como las obras de barrenación, de zanjeo y exposición de rocas, siempre que se realicen en zonas agrícolas, ganaderas o eriales y en zonas con climas secos o templados en donde se desarrolle vegetación de matorral xerófilo, bosque tropical caducifolio, bosques de coníferas o encinares, ubicadas fuera de las áreas naturales protegidas, III. Beneficio de minerales y disposición final de sus residuos en presas de jales, **excluyendo** las plantas de beneficio que no utilicen sustancias consideradas como peligrosas y el relleno hidráulico de obras mineras subterráneas.

A pesar de que el abandono de faenas mineras como tal no se incluye ni se o exceptúa en los artículos tanto de la LGEEPA (28), como del REIA (5), que definen las obras o actividades sujetas a PEIA federal, este último ordenamiento prevé que la resolución que emita SEMARNAP respecto de proyectos sometidos al PEIA puede contener condiciones a la autorización correspondiente a fin de evitar, atenuar o compensar impactos ambientales adversos susceptibles de ser producidos en la **construcción, operación normal y en caso de accidente, así como en la etapa de abandono o término de la vida útil del proyecto**³. El REIA, sin embargo, pretende extender el alcance de las resoluciones sujetas a condición que, en términos de la LGEEPA, únicamente incluye la **construcción, operación normal y el caso de accidente**⁴, **mas no el abandono**. Consideramos que, además de que el precepto del REIA pudiera ser violatorio del principio de legalidad al pretender incrementar las facultades expresamente establecidas en la LGEEPA para SEMARNAP, desconoce el carácter preventivo del instrumento, así como la finalidad para la cual fue diseñado: la toma razonable de decisiones, no el control (corrección) de sus consecuencias.

Otra posición complementaria con la anterior sería la siguiente: toda vez que el "abandono de sitio" no fue expresamente incluido dentro de las actividades mineras listadas en los artículos mencionados, caben dos posibilidades, o bien, que su atención es competencia estatal, o que mantiene su competencia federal pero que la propia federación ha decidido no someterla al PEIA.

El primer caso es fácilmente desechable ya que la propia LGEEPA establece los casos de competencia estatal. El segundo caso es más defendible desde el punto de vista técnico-jurídico, aunque aparentemente impediría a la SEMARNAT revisar los impactos de dicha actividad. No obstante lo anterior, la propia LGEEPA y el REIA contienen un mecanismo mediante el cual pueden revisar impactos de actividades no listadas pero de interés de la federación.

VI.1.2. La evaluación del abandono de las actividades mineras

La fracción XIII del artículo 28 de la LGEEPA prevé la posibilidad de que SEMARNAT pueda evaluar el impacto ambiental de obras o actividades que correspondan a asuntos de competencia federal y que puedan ocasionar desequilibrios ecológicos graves e irreparables, daños a la salud pública o a los ecosistemas, o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas relativas a la preservación del equilibrio ecológico y la protección del ambiente.

Es de señalarse que esta fracción permite dos interpretaciones, en nuestra opinión, igualmente válidas y, además, compatibles entre sí: la primera, que SEMARNAT pueda conocer de asuntos listados en las primeras doce fracciones del artículo 28 de la LGEEPA.

En todo caso, los límites a esta facultad de evaluar obras o actividades, de otra forma exceptuadas o excluidas (bajo la primera interpretación), o bien en el caso que podríamos denominar “de competencia agregada o amplia” (bajo la segunda interpretación), serán los que se señalan en la propia fracción XIII, a saber: ocasionar desequilibrios ecológicos graves e irreparables, daños a la salud pública o a los ecosistemas, o rebasar los límites y condiciones establecidos en las disposiciones jurídicas relativas a la preservación del equilibrio ecológico y la protección del ambiente. Como es evidente, el abandono de minas pueden ocasionar, o mantener, alguno o varios de los anteriores efectos.

EL REIA establece el siguiente procedimiento para el ejercicio de esta facultad: (i) SEMARNA enterada por cualquier medio de la posible realización de una obra o actividad de competencia federal (bajo cualquiera de las interpretaciones arriba propuestas), notificará, justificadamente, al interesado su determinación para que se someta al procedimiento de evaluación de impacto ambiental; (ii) En un plazo no mayor a diez días hábiles el interesado deberá presentar los informes dictámenes y consideraciones que juzgue convenientes; (iii) Dentro de los treinta días siguientes a recibida la documentación SEMARNAP comunicará al interesado si procede o no la presentación de una manifestación de impacto ambiental (MIA) y el plazo, (iv) el silencio de SEMARNAP implicará que no es necesaria la presentación de la MIA arriba indicada⁵.

VI.1.3. La reparación de daños bajo el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental

Una vez aclarada la forma en que la autoridad podría acceder a la evaluación de los efectos de las actividades mineras, y establecido que, como resultado del PEIA, SEMARNAT podrá emitir resolución autorizando condicionadamente una obra o actividad, es necesario analizar cercanamente los estándares de mitigación a que debe acogerse.

Así, de conformidad con el REIA, las “medidas de mitigación” son definidas como el “Conjunto de acciones que deberá ejecutar el promovente para atenuar los impactos y restablecer o compensar las condiciones ambientales existentes antes de la perturbación que se causare con la realización de un proyecto en cualquiera de sus etapas. Este concepto señala un parteaguas en la reparación administrativa del daño ambiental, al apartarse de las reglas contenidas en la propia LGEEPA o en la Ley de Aguas Nacionales, en tratándose de afectaciones a los medios, y acercándose a la regla civil de reparación.

VI.2. El control de cierre de minas a través de la normatividad existente

Existen en la LGEEPA diversas disposiciones que contienen criterios respecto del control de los efectos de actividades que afectan al entorno y que pueden ser aplicados por SEMARNAT para el caso de que los instrumentos arriba analizados resultaren ineficientes, o bien si existiera una limitante de aplicación como las ya mencionadas. Cada una de estas alternativas presenta dificultades de aplicación o bien tiene limitantes en cuanto a sus alcances.

Zonas de Restauración

La LGEEPA ordena que en aquellas áreas que presenten procesos de degradación o desertificación o graves equilibrios ecológicos, SEMARNAT deberá formular y ejecutar, con la participación de propietarios, poseedores, organizaciones sociales, públicas o privadas, etc., programas de restauración ecológica con el propósito de recuperar y restablecer las condiciones que propicien la evolución y continuidad de los procesos naturales que en ella se desarrollaban⁶. Conceptualmente, nada impediría que SEMARNAT, en uso de esta atribución, emitiera programas de restauración de una zona afectada por actividades mineras. Los costos de transacción (negociación con propietarios y otros actores sociales), serán tal vez los obstáculos más importantes para la implementación de los mismos, dependiendo de la delimitación o no de la responsabilidad de alguno de dichos actores en el problema.

Medidas de remediación del suelo

Existe en la LGEEPA sólo un criterio de remediación de suelos y sólo aplica respecto a aquellos sitios contaminados con materiales y residuos peligrosos.

Así, en estos casos, la LGEEPA establece que el responsable deberá llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restablecer las condiciones del mismo con el fin de que el mismo pueda ser destinado a alguna de las actividades previstas en el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable para el predio o la zona respectiva⁷. La utilización a futuro del predio contaminado con materiales o residuos peligrosos, como criterio de reparación administrativa, en oposición al uso anterior del mismo, ha sido interpretado como la aceptación legal (*stricto sensu*, al establecerse el criterio en una ley) de un pasivo ambiental, lo que se opone a las reglas del REIA y a la civil, que exigen la reparación al estado anterior a la afectación, incluyendo, en el caso de la civil, la recuperación del lucro cesante, no admitiendo pasivo alguno.

Los estándares de remediación, es decir, “¿qué tan limpio es limpio?”, no han sido establecidos, y por lo tanto los esfuerzos del gobierno de imponer sanciones al respecto han sido truncados fácilmente en las cortes (aunque la obligación sea indiscutible). Por otro lado, aunque el artículo 152 bis establece claramente la responsabilidad del generador y de quien maneje o disponga finalmente dichos materiales o residuos peligrosos, no da solución para cuando no sean identificables dichos responsables. Es por esto que para este caso, SEMARNAT ha aplicado el artículo 134, fracción V, de la LGEEPA que establece que para prevenir la contaminación de suelos en suelos contaminados por materiales o residuos peligrosos, deberán llevarse a cabo aquellas acciones necesarias para recuperar o restablecer sus condiciones, de tal forma que puedan ser utilizados para cualquier actividad contemplada en el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico aplicable. Esto lleva a que el criterio general no defina quién tiene la responsabilidad de remediar. Más aún, dicho criterio aplica a la contaminación presente, sin importar cuándo o cómo o por quién llegó ahí. Dado lo anterior, este criterio aplica a los propietarios y poseedores presentes del suelo (predio) contaminado, sin importar el papel que jugaron para dicho proceso (de contaminación).

Lo anterior es sumamente relevante para definir la obligatoriedad de reparación que derivaría de la adquisición de un predio contaminado por virtud de la ejecución histórica de actividades mineras

Otro punto interesante a tratar, es el hecho de que no existe obligación de informar a la autoridad de la existencia de suelos contaminados. Así, en caso de que el dueño del terreno se entere de que su predio está contaminado, no está obligado a acudir ni a informar a SEMARNAT ni a otra autoridad de dicha circunstancia. Sin embargo, la ley lo obliga a que remedie el suelo, y esta obligación nace desde el momento en que el propietario o poseedor se da cuenta de dicha contaminación.

VI.3. Contenidos mínimos de los planes de cierre

En la actualidad, un tema de cada día, es el relacionado con el desarrollo sostenible de la minería, lo cual exige sin lugar a dudas una relación estrecha entre el aspecto económico de esta actividad y los problemas ambientales que ella genera, o sea, lograr una minería económicamente más eficiente y la minimización de los impactos ambientales que produce.

La etapa de cierre de minas y en muchos caso la de su abandono juega un rol significativo en la magnitud de los impactos al medio ambiente y en la generación de peligros y riesgos ambientales

En la actualidad la etapa de cierre de minas y la de su posterior monitoreo y mantenimiento son consideradas las etapas finales de la actividad minera, por ello que reviste gran importancia la introducción de nuevos conceptos y tecnologías en estas etapas orientadas en lo fundamental a la mitigación de los impactos al medio ambiente y en particular a aquellos de gran intensidad y larga duración.

Los problemas a enfrentar en la etapa de cierre deben ser contemplados desde el inicio de la actividad minera, aún en la etapa de Proyecto, con vista a garantizar una mejor utilización de los recursos materiales y financieros y lograr soluciones más adecuadas en lo concerniente a la mitigación de los impactos ambientales y a la mejor utilización de los recursos mineros

El proceso de cierre de minas debe considerarse como una etapa más dentro de la actividad minera, debido a la importancia económico – social que este posee. Esta etapa de cierre tiene características muy particulares dentro de la actividad minera.

El hecho de considerar el proceso de Cierre de Minas como una etapa más de la actividad minera e incluso a su posterior monitoreo y mantenimiento introduce una nueva concepción de la actividad minera como tal, variando sus etapas y requiriendo de nuevas soluciones tecnológicas y estudios de factibilidad técnico – económico en la etapa de Proyecto.

Hasta ahora el principal objetivo del desarrollo tecnológico en el sector minero ha sido el obtener mayores dividendos económicos mediante una explotación de los yacimientos minerales al máximo posible.

Las compañías mineras solo han manejado en el mejor de los casos, criterios globales de los problemas que pueden surgir cuando no se produce adecuadamente el cierre de una mina.

Para logra esto se requieren varios años de trabajo, análisis y discusiones con el Plan de Cierre de las minas que debe contener:

- Certidumbre de la obligación desde la exploración de una región
- El Proyecto detallado del cierre.
- Los objetivos a cumplir en la etapa de cierre.
- Las medidas progresivas de rehabilitación durante la actividad minera
- El Plan General de rehabilitación.
- Plan de monitoreo y de mantenimiento de las minas posteriormente a su cierre.

El cierre de una mina puede ser temporal o definitivo, según se planifique o sea posible reanudar o no la actividad minera; y total o parcial, según se contemple el cese de las actividades en toda la mina o en parte de ella.

El cierre temporal de una mina puede tener lugar debido a razones técnicas, económicas, minero-geológicas, hidrogeológicas, incendios u otros accidentes, daños al medio ambiente u otras que no permitan continuar la explotación del yacimiento.

En muchas ocasiones el cierre de minas se produce no porque se hallan agotado totalmente las reservas minerales, sino por alguna otra causa (razones técnicas, minero-geológicas, económicas, afectaciones considerables al Medio Ambiente); que conduce a la paralización definitiva de la mina o hasta que se resuelvan las causas que produjo su cierre.

En tales casos se pueden, en dependencia de las condiciones concretas existentes, emplear diferentes tecnologías de cierre; por ejemplo:

Cierre con la clausura técnica de las excavaciones:

Se puede hacer manteniendo una excavación para la extracción de parte de las reservas, si esto se justifica por la riqueza del componente mineral. Esto es factible solo en la fase inicial de la etapa de clausura y esta producción puede cubrir parte de los gastos del cierre.

En caso contrario cuando no es ventajoso económicamente el cierre se produce sin mantener en activo ninguna excavación

Cierre conservando las excavaciones (de laboreo, arranque, transporte, ventilación, ascenso, auxiliares, etc.) y en vigor todas las medidas de sostenimiento y seguridad.

Se aplica esta variante cuando existen criterios de que el cierre no es prolongado y que las causas que lo generan pueden ser superadas en un corto período de tiempo. Aquí lo fundamental es definir el plazo de conservación económicamente razonable.

Para proceder al cierre total o parcial con carácter temporal es necesario que la entidad responsable de la explotación de la mina garantice para todo el periodo de cierre:

- La actualización topográfica, geológica y minera del yacimiento que se explota y su presentación a la autoridad minera correspondiente.
- La realización de los trabajos de conservación de la mina de tal forma que en el momento que se decida se puedan reiniciar los trabajos.
- Las medidas de seguridad de la mina y sus instalaciones contra posibles accidentes, averías etc.
- La conservación y destino de las instalaciones, equipos y otros existentes.
- Medidas para la rehabilitación del entorno.
- Monitoreo y control de los presa de jales y terreros.

El **cierre definitivo** puede tener lugar por la extracción total o por cancelación de las reservas minerales, en los casos en que no haya perspectiva para su incremento, o hayan cambiado las condiciones técnico-económicas, de seguridad minera o ambientales.

Para proceder al cierre de una mina total o parcialmente con carácter definitivo la entidad encargada de la explotación del yacimiento debe presentar a la autoridad minera correspondiente las argumentaciones técnico-económicas y el programa de cierre que contenga las siguientes informaciones:

- Estado actualizado de las reservas minerales.
- En minas subterráneas, la forma en que se liquidan las excavaciones y frentes de arranque, para evitar una posible afectación futura a los terrenos y obras de superficie por posibles derrumbes o asentamientos.
- El sellaje de todos los laboreos de acceso.
- La utilización o destino de las instalaciones de superficie equipos y materiales.
- La recuperación de equipos y materiales de las minas.
- El estado en que quedan las presas de jales, terreros y el cálculo de los minerales contenidos o del volumen total del depósito según el caso.
- Informe de las afectaciones provocadas al medio ambiente.
- Programa de rehabilitación de los terrenos de superficie y de descontaminación de las aguas.
- Utilización que se le pudiera dar a las minas subterráneas y a las a cielo abierto.

De los aspectos contenidos en el programa de cierre de mina se hace brevemente un análisis de algunos de ellos:

Liquidación de excavaciones y frentes de arranque - Se procede a la extracción de los elementos de fortificación, vías férreas, cables, tuberías etc. Contemplándose las medidas de seguridad indicadas por las normas.

Es fundamental que se observen, durante la realización de estas tareas, todo lo concerniente a que la mina y sus partes mantengan las condiciones de estabilidad necesaria para prever la posibilidad de diferentes afectaciones geomecánicas. Esta situación después del cierre debe continuarse monitoreando.

Aspecto de mucha importancia es el estado en que se mantienen las presas de jales y terreros tanto en lo referente a su estabilidad como en lo relativo a el impacto que ellos pueden provocar sobre el medio ambiente, incluso en un largo periodo

Con respecto a los presas de jales en muchas ocasiones se prevé un uso productivo posterior a partir de la recuperación de minerales de la cola, ya que los cambios tecnológicos en los procesos mineralúrgicos y las cambiantes condiciones económicas traen que los depósitos de residuos se revaloricen.

De gran interés tanto desde el punto de vista económico como ecológico resulta el hecho de la posible utilización de las minas y suelos recuperados.

El uso de minas abandonadas para diferentes fines socio-económico es una práctica que data de muchos años y han encontrado difusión en numerosos países por las ventajas que esto trae consigo.

Normalmente el uso productivo de los terrenos que circundan a las minas se define a partir de sus características además de vincularse esto con la política de su integración al paisaje.

La recuperación de los terrenos puede consistir desde la revegetación utilizando especies autóctonas hasta el aprovechamiento agrícola de los terrenos, si existen las condiciones necesarias.

El problema de la mitigación de los impactos producidos al Medio Ambiente durante el proceso de cierre de las minas y posteriormente a ello es uno de los objetivos principales que se persigue actualmente en la industria minera.

Han sido desarrolladas con este fin numerosas soluciones y alternativas para reducir a un mínimo las afectaciones que se producen en la etapa de cierre.

En la actualidad entre los mayores retos de la minería mundial está el drenaje ácido de las minas y el de otros efluentes contaminantes en particular en la etapa de cierre y posterior a ello.

Es por ello que lo aconsejable para elegir la solución a emplear en la lucha contra el drenaje ácido es hacer una evaluación integral de las diferentes alternativas que se adecuen a la situación que se analiza en concreto, para ello son recomendadas por diferentes autores el estudio de 8 factores principales:

- Los requerimientos de Tratamiento del agua.
- La calidad del agua superficial
- La pérdida de agua que se produce a causa de su escurrimiento.
- Estabilidad de las colas.
- Las emisiones a la atmósfera.
- Alteración de las áreas aledañas al depósito de cola.
- La recuperación de los recursos.
- Los impactos sociales.

VI.4. Desarrollo de los planes de cierre

De lo anotado fluye también con claridad que la minería seguirá teniendo un rol protagónico en el desarrollo de nuestra región. De manera tal que es fundamental contar con los mecanismos que permitan que ese desarrollo se lleve adelante de una manera sostenible. Como se señaló antes el problema de la gestión de los impactos mineros post operacionales debe ser un planteamiento prioritario si el objetivo es la sustentabilidad.

Los mecanismos de garantía prácticamente se contemplan como elementos esenciales, puesto que la experiencia ha demostrado que sin ellos es muy fácil perder muchas de las ventajas que tiene la planificación anticipada de cierre, en tanto la falta de financiamiento para la implementación de las medidas de cierre la mayoría de las veces determinará el incumplimiento de las mismas.

Ahora bien, este desarrollo requiere del estudio de un esquema jurídico que consagre y regule un sistema de planificación de cierre, tal como se destacó al inicio del presente capítulos. Una sugerencia puntual sobre este tema sería pensar en crear una estructura jurídica que permita flexibilización en los detalles, la que podría entenderse como una base de ley más una regulación específica en un reglamento acorde. Esa es una de las lecciones que podemos recoger de la experiencia en los países desarrollados que han debido ir adecuando sus sistemas a la realidad de su sector minero.

Se debe encontrar una infraestructura financiera correlativa con los mecanismos contemplados en las normativas. Así por ejemplo si se piensa en sistemas de garantía, y es casi imposible no pensar en ellas si lo hacemos en un sistema de planificación de cierre de minas, ese sistema debe tener realidad en el mercado financiero y en las capacidades financieras de las compañías involucradas y del estado.

Sería necesario desarrollar los estándares técnicos adecuados, para dar contenido real y practicabilidad al sistema.

La actividad minera involucra por si misma, procesos fisico-químicos que representan un riesgo potencial de impacto al medio ambiente, estas alteraciones deben ser atendidas en el marco legal de cada uno de nuestros países, de tal manera que se garantice el aprovechamiento de los recursos minerales con los que se cuenta y una adecuada calidad de vida para las poblaciones donde exista minería, siendo fundamental en este proceso, la mitigación de los impactos generados, sólo así podrá ser una realidad la minería sustentable.

Las actividades de cierre de mina resultan de vital importancia para la minería, pues de ello también depende que las comunidades acepten la presencia de las operaciones en sus cercanías. Un adecuado desempeño ambiental no sólo es una responsabilidad moral de los empresarios, sino una herramienta más para que sus actividades se desarrollen con aceptación social.

Debido a lo anterior, es factible regular el abandono de minas respecto de los efectos mencionados a través de otros instrumentos de política ambiental disponibles, como lo es el PEIA. No obstante lo anterior, su aplicación exitosa dependerá de la correcta interpretación del REIA en el contexto de la LGEEPA. En fin, existen una serie de consideraciones que deben ser cuidadosamente tratadas al momento de enfrentar el desafío de crear y regular un sistema de gestión de los impactos post operacionales de los proyectos mineros.

VI.4.1. Cierre de mina

El cierre de una mina puede tener efectos socioeconómicos desastrosos para una comunidad. Muchas veces el bien documentado ciclo de bonanza y quiebra en la minería convierte a una comunidad próspera en un pueblo fantasma. Al igual que los impactos ambientales, muchos de estos efectos económicos negativos pueden evitarse mediante una cuidadosa planeación en cooperación con la comunidad. La solicitud inicial de explotar la mina debe incluir planes de cierre detallados, y estos planes deben indicar de qué manera las operaciones de la planta se irán suprimiendo, se desmantelará la infraestructura, se despejará el sitio en preparación para la rehabilitación posterior al cierre y se preparará a la comunidad para la transición a las condiciones que existirán después de la explotación minera.

Las preparaciones para el cierre, incluyendo el retiro progresivo de la compañía y de los ingresos que aporta, deben llevarse a cabo durante toda la fase operativa de la mina, y la compañía debe asumir la responsabilidad de pensionar, recapacitar y, según el caso, reubicar a los trabajadores y sus familias cuando la mina esté cerrada. Así como el sitio de la mina debe volver a una aproximación de las condiciones anteriores a la mina, también el plan de clausura debe permitir que la comunidad vuelva a algún grado de estabilidad –no menor al que conocía antes de que llegara la mina.

VI.4.2. Después del cierre

Muchos de los efectos más devastadores y duraderos de las minas no se hacen evidentes sino varias décadas después de terminadas las operaciones activas de explotación. El drenaje ácido de minas y la contaminación del agua subterránea, por ejemplo, posiblemente se detecten solamente mucho tiempo después de que la mina haya cerrado y la compañía se haya ido, con lo cual los costos de la limpieza y la atención médica recaen en la comunidad y las autoridades reguladoras. A fin de evitar esta eventualidad, demasiado común, los planes detallados del mantenimiento posterior del sitio de la mina, incluyendo una garantía financiera adecuada, también deben formar parte de la solicitud inicial de explotar una mina y deben revisarse y actualizarse durante la fase del cierre.

El plan para la etapa posterior al cierre debe elaborarse con la plena participación de la comunidad, debe implementarse con una supervisión efectiva e integrada al proceso, y debe abarcar, como mínimo, tres componentes del mantenimiento posterior al cierre:

VI.4.2.1. Remediación /Rehabilitación

De manera ideal, el mantenimiento posterior al cierre debe requerir aportes mínimos de fondos, energía o personal. La previsión, las operaciones racionales de explotación y una preparación exhaustiva antes y después del cierre deben dejar al sitio únicamente con la necesidad de lo que se conoce como "mantenimiento pasivo", el terreno debe estar contornado, los cursos de agua dirigidos, y la vegetación restaurada, a fin de perpetuar condiciones geobiológicas sanas en el sitio y prevenir la degradación del paisaje y la contaminación de cualquiera de los medios.

La remediación y la rehabilitación son los procesos que normalmente se requieren para lograr este ideal en por lo menos un grado mínimo. Cada uno de los proceso puede resultar sumamente costoso, sobre todo si no hubo mucha prevención y preparación durante la vida activa de la mina (García-Vela, 1985; Arriaga, *et al*, 1998).

La **remediación** es el proceso de limpiar el sitio o al menos de reducir los daños ocasionados por las actividades de explotación y procesamiento. Puede incluir la excavación y remoción de enormes cantidades de suelo contaminado, la adición de cal a las áreas contaminadas por ácido, el recubrimiento de las áreas contaminadas con una capa impermeable de arcilla para impedir que el agua pluvial lixivie y los lleve al agua del manto freático, así como muchas otras actividades.

La **rehabilitación** tienen el propósito de restaurar, en algún grado, la integridad perdida a los sistemas naturales después de cerrada la mina. La meta de la rehabilitación es normalmente restaurar el sitio para devolverle hasta donde sea posible las condiciones que imperaban antes de que se construyera la mina, incluyendo la restitución de toda la gama de especies y tipos de hábitat y la armonización de los terrenos restaurados con la topografía y los patrones de desagüe de las áreas circunvecinas. Un criterio generalmente aceptado de la rehabilitación, por ejemplo, requiere que se restituyan al sitio de la mina condiciones “casi naturales”.

La manera más eficaz de determinar esas condiciones y la manera en que se deben lograr es mediante la participación de la comunidad en la elaboración del plan para la etapa posterior al cierre, antes de que comience la explotación del sitio.

VI.4.2.2. Monitoreo

La vigilancia ambiental debe mantenerse durante la vida activa de una mina y es especialmente importante después de su cierre, en particular para la detección oportuna de alguna contaminación del agua del manto freático o superficial. Debido a la posibilidad de que problemas como el drenaje de aguas ácidas se presenten sólo después de varias décadas, puede resultar necesario implantar sistemas de monitoreos durante largos periodos a fin de asegurar la protección de la flora y la fauna y de la salud pública

La compañía minera debe elaborar un plan riguroso de monitoreo con los reguladores y con la participación de la comunidad –de nuevo antes de que se permita el inicio de la explotación-. La perforación de pozos de monitoreo, la determinación de los contaminantes a los que se dará seguimiento, los criterios de divulgación y los mecanismos de entrega de reportes son algunos de los muchos detalles técnicos que se tendrán que resolver a fin de asegurar que el plan de monitoreo sea efectivo.

VI.4.2.3. Respuesta a Contingencias

Los planes de monitoreo deben elaborarse en conjunción con planes que establezcan en detalle las medidas que se tomarán en caso de que se descubra contaminación u otros problemas ambientales. Una vez más, aunque esta planeación debe formar parte de las operaciones corrientes de la mina, es particularmente importante que se tenga implementado un plan para las contingencias que ocurran después de que la mina ya haya cerrado y la parte responsable se haya ido.

VII. CONCLUSIONES

Actualmente se considera a la fase de cierre de minas como una de las de mayor preocupación dentro de la actividad minera, sin olvidar los problemas ambientales y de seguridad que generan las minas abandonadas. Es por ello que se debe hacer énfasis en las siguientes direcciones de Trabajo:

Considerar como etapas de la actividad minera tanto el cierre de la mina como tal, como su posterior monitoreo y mantenimiento.

La identificación, caracterización y evaluación de los diferentes impactos ambientales para cada etapa de la actividad minera y sus formas de control y monitoreo.

El Decreto y el establecimiento de normas oficiales mexicanas encaminadas a la certidumbre de cierre de minas.

Elaboración del Plan de Riesgo potencial por la actividad minera, en particular en la etapa de cierre y posterior a ella.

Puesta en vigor de políticas específicas orientadas a la etapa de cierre y de mantenimiento de la mina cerrada en particular vinculadas con la situación de la propia mina, terreros y presas de jales relacionado esto con problemas de seguridad, contaminación de las aguas, drenaje ácido y otras afectaciones.

La introducción desde la etapa de Proyecto de nuevos métodos y tecnologías, tanto para evitar impactos como para minimizarlos.

La implementación en una u otra forma de las regulaciones y mecanismos que permitan la aplicación de los conceptos actuales sobre el cierre de minas.

Que el principio rector de todas las políticas vinculadas con la explotación de los Recursos Naturales No Renovables debe ser el mejoramiento de la calidad de vida de la sociedad en general y, en particular, aquellos de las comunidades vinculadas con los proyectos mineros.

Que las responsabilidades sobre los efectos socio-económicos y ambientales negativos de los proyectos mineros, su remediación y alternativas de cierre deben estar señaladas desde el inicio de los nuevos proyectos.

Que el concepto de “sustentabilidad minera” involucra los aspectos económicos, ambientales, tecnológicos, legales, políticos y sociales de manera indisoluble.

Que el desarrollo de la explotación minera debe garantizar la satisfacción de las necesidades presentes de los pueblos sin afectar las posibilidades de desarrollo de las futuras generaciones, por negligencia de usos del yacimiento y necesidad del ordenamiento del territorio.

Que los aspectos referidos al Cierre de Minas deben integrarse a las políticas y legislaciones de nuestro país en forma clara y precisa, procurando alentar el necesario crecimiento económico, en el marco de un desarrollo sustentable.

Que las instituciones normativas y grupos sociales deben asumir un rol activo y decidido en la fijación de políticas claras para el desarrollo minero, en particular en los aspectos referidos al Cierre de Minas.

Que el Cierre de Minas debe considerarse una fase de los proyectos mineros desde su inicio, como parte de su ciclo de vida

Que sería necesario promover la incorporación de la temática del Cierre de Minas en los Planes de Estudio de las carreras de Geología, Ingeniería de Minas, ciencias ambientales y áreas afines de los planes de estudio superior.

Que sería recomendable la realización de un inventario de Minas abandonadas en nuestra región para promover el cierre efectivo de las mismas.

Que se fomente las actividades encaminada a contribuir de manera sustancial al intercambio de experiencias y generación de conocimiento sobre la temática minera para seguir apoyando iniciativas relativas a la organización de jornadas, seminarios y congresos que aborden la problemática de la minería y el desarrollo sustentable.

Que es necesario propiciar la creación de organismos que, conjuntamente con los respectivos gobiernos, analicen las temáticas vinculadas al de cierre de minas con un enfoque interdisciplinario y alejado de posiciones fundamentalistas.

Generar indicadores de sustentabilidad de los procesos mineros, que detallen las condiciones efectivas de labores y su repercusión en el entorno en que se desenvuelven.

Trabajar por un desarrollo minero que contribuya a mejorar la calidad de vida de los pueblos, generando riqueza y creando fuentes de trabajo en un marco de desarrollo sustentable.

No permanecer indiferentes ante el destino de localidades cuando cierra una mina, ni ser inmune a las necesidades de las empresas mineras que requieren de apoyo técnico en el cierre de minas, toda vez que es responsabilidad de los marcos técnicos el futuro de nuestras generaciones.

Que la temática abordada en este estudio, reviste una importancia fundamental para alcanzar una mejor contribución de la Minería al proceso de Desarrollo Sustentable de nuestras regiones.

VIII. REFERENCIAS

- Arriaga V., V. Cervantes, A. Vargas-Mena, 1998. Manual de Reforestación con especies nativas. Instituto Nacional de Ecología, 145 pp.
- Gob. del Estado de Sonora. 1998. Plan Estatal de Desarrollo 1998-2003.
- Banco Mundial, 1997. El boom minero en América Latina. En: Encuentro internacional de comunidades afectadas por la actividad minera. Vol 14: 65-86.
- Bracamonte S.A., 1999. La minería sonorense en el siglo XXI. El Imparcial. Sección Editorial, 6 de noviembre de 1999.
- CEPAL (1998a) *Anuario Estadístico 1998*. Santiago de Chile, Febrero de 1999.
- CEPAL (1998b) *Balance Preliminar de las Economías 1998*. Santiago de Chile, Diciembre 1998.
- CEPAL (1998c) Chile: Las Inversiones en el Sector Minero 1980 - 2000. Santiago de Chile, Agosto de 1998.
- CEPAL (1998d) *Panorama Minero de América Latina*. Serie Medio Ambiente y Desarrollo N° 11. Santiago de Chile, Octubre de 1998.
- COL SON, 1986. La Minería en Sonora; Modernización Industrial y Fuerza de trabajo. Contreras O. F. 46 páginas.
- Colegio de Sonora, 1999. Cuando una mina llega a una comunidad mexicana: Una guía. Informe Preliminar del Fondo Norteamericano para la Cooperación Ambiental.
- Comisión Sonora Arizona, 1995. Reunión plenaria, Comité de minería Perspectivas de la industria minera en Sonora, México Puerto Peñasco junio de 1995
- Consejo de Recursos Minerales 1985. Guía para el pequeño minero. Publicación No. 3 1982. Dirección de Minería Geología y Energéticos.
- Consejo de Recursos Minerales, 1992. Monografía geológico mineras del estado de sonora. gobierno del Estado de Sonora, Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. ISBN 968-6710-26-4, 220 p.
- Contreras M.O.F. 1989. La minería en Sonora. Modernización industrial y fuerza de trabajo. Cuadernos de divulgación No. 6, Colegio de Sonora, 46 pp.
- Diario Oficial de la Federación, 1996. Reformas de la Ley General del Equilibrio Ecológico y La Protección al Ambiente.

- Diario Oficial de la Federación. 1997. NOM-121-STPS-1996 que establece la seguridad e Higiene para los trabajos que se realizan en minas, 14 de abril de 1997, págs. 30-74
- Díaz-Galaviz, H. 1994. Guía para el minero. Trámites de estudios de impacto ambiental. Universidad de Sonora, Asociación de Mineros de Sonora, SEDESOL, Dirección General de Fomento Minero. 57 pp.
- Entrevistas y revisiones: Dr. Salvador Aguayo Salinas (UNISON); Dr. Guillermo Salas Pizá (Dir. Fomento Minero del Gobierno del Estado de Sonora); Dr. Moreno Lee (Cámara Minera de México); Dr. Villas Boas (CYTTED-ONU); Dr. Jorge Ellis (Instituto de Investigaciones Político Mineras de Canadá).
- García-Vela, J.J. 1985. Restauración ecológica de tierras minadas. Texto de exposición
- INEGI, 1997. Sistemas de cuentas ambientales y Ecológicas de México del periodo 1988-1996, Aguascalientes, INEGI, 185 pp.
- Ministerio de Minería de Chile (1998), *Chile País Minero*. Santiago de Chile, Mayo de 1998
- Montoya-Monroy, H. 1996. Aplicación de la reforestación en la restauración de áreas minadas. Disertación. Unison, Depto. de Agricultura y Ganadería, 45 pp.
- Olhedys Zamora, 1990. El impacto Ambiental por la Actividad minera en Costa Rica. Memorias del Seminario-Taller: "El impacto ambiental en la minería". Escuela de ciencias ambientales.
- Página de WEBSITE :[http://www.ine.gob.mx/crecimiento económico y coeficientes de sustentabilidad en México](http://www.ine.gob.mx/crecimiento_economico_y_coeficientes_de_sustentabilidad_en_mexico)
- Santoyo. L. 2000. Directorio Minero Sonora 2000. Gráficos Editorial, 60 pp.
- Warhust, Alyson y Norohna, Ligia. *Environmental Policy in Mining: Corporate Strategy and Planning for Closure*. Lewis Publishers, EE.UU. (1999)