

VALORACIÓN DE RECURSOS MINERALES BAJO LA TEORÍA DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

CARLOS ROJAS*

RESUMEN

El documento presenta una metodología para la valoración de los recursos minerales bajo la teoría del desarrollo sostenible. La primera parte contiene un análisis del concepto de desarrollo sostenible aplicado a la minería, luego se hace un resumen del proceso de la minería y sus implicaciones al medio ambiente y, finalmente, a partir del análisis de la renta, análisis beneficios-costos (reglas de Hotelling y Hartwick), se describe cómo obtener el valor unitario máximo por unidad de medida que pueda tener un recurso mineral definido. Se utiliza el mecanismo de la internalización de las externalidades y la monetización para conseguir la comunicación entre las ciencias implicadas en un proyecto de minería. Todo este proceso tiene escalas de tiempo y es traído a valor presente neto. La tasa de descuento que se usa para obtener el valor presente neto puede dividirse en diferentes valores para los temas operativos, sociales y ambientales, pero la elección de la tasa tiene que ser definida por aquellos que utilizan la metodología. La aplicación de esta propuesta metodológica es equiparable a la aplicación de una política social y ambiental empresarial, ya que recoge gran parte de los elementos necesarios para que se obtenga la licencia social de operación.

PALABRAS CLAVE: valoración; recursos minerales; desarrollo sostenible.

VALUATION OF MINERAL RESOURCES UNDER SUSTAINABLE DEVELOPMENT CONCEPT

ABSTRACT

The document presents a methodology for valuation of mineral resources under the sustainable development concept. The first part contains an analysis of the sustainable development concept applied to the mining process, after this there is a summary of the mining process and the environmental task to be done, and finally, starting from the analysis of rent, benefit-cost analysis (Hotelling and Hartwick rules), it is described how to obtain the maximum unit value per unit of measure that may have a defined mineral resource. The mechanism of

* Ingeniero Geólogo e Ingeniero Civil, Escuela de Ingeniería de Antioquia. Magíster en Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Colombia. Ingeniero de Proyectos, Proyecto de Expansión, Carbones del Cerrejón Limited. Albania (Guajira), Colombia. carlos.rojas111@gmail.com; carlosrojasa@tutopia.com

internalization of externalities and monetization is used to get communication between the sciences involved in a mining project. This whole process has time scales and is brought to a net present value. The discount rates to be used to get the present value could be split in different rates for the operational, social, and environmental issues, but the definition of which is going to be used has to be defined by those who use the methodology. The implementation of this methodological proposal is comparable to the implementation of a social and environmental policy for businesses as it incorporates many of the elements necessary to obtain the social license of operation.

KEY WORDS: valuation; mineral resources; sustainable development.

VALORAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS SOB A TEORIA DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

RESUMO

O documento apresenta uma metodologia para a valoração dos recursos minerais sob a teoria do desenvolvimento sustentável. A primeira parte contém uma análise do conceito de desenvolvimento sustentável aplicado à mineração, posteriormente se faz um resumo do processo da mineração e suas implicações ao meio ambiente e, finalmente, a partir da análise da renda, análise benefícios-custos (regras de Hotelling e Hartwick), se descreve como obter o valor unitário máximo por unidade de medida que possa ter um recurso mineral definido. Utiliza-se o mecanismo da internalização das externalidades e a monetização para conseguir a comunicação entre as ciências implicadas em um projeto de mineração. Todo este processo tem escalas de tempo e é trazido a valor presente líquido. A taxa de desconto a usar-se para obter o valor presente líquido pode dividir-se em diferentes valores para os temas operativos, sociais e ambientais, mas a eleição da taxa tem que ser definida por aqueles que utilizam a metodologia. A aplicação desta proposta metodológica é equiparável à aplicação de uma política social e ambiental empresarial, já que recolhe nela grande parte dos elementos necessários para que se obtenha a licença social de operação.

PALAVRAS-CÓDIGO: valoração, recursos minerais, desenvolvimento sustentável.

1. GENERALIDADES

Conocer cuál es el valor máximo unitario de un mineral o roca, es decir, el valor unitario por metro cúbico, tonelada, gramos o cualquier unidad de medida usada, es la pregunta relevante en la geología económica, dado que define la viabilidad o continuidad de un proyecto minero. De otro lado, la conceptualización de desarrollo sostenible aplicada a minería contiene vacíos que no permiten una aplicación real del concepto.

Las herramientas usadas en la actualidad contemplan el proceso minero de una manera parcial, o sea, en muchos casos se realiza sin consi-

derar todas las implicaciones reales de esta clase de proyectos y normalmente no se efectúan bajo una visión sistémica que integre desde los componentes físicos, bióticos, sociales, etc. hasta las externalidades generadas por los procesos llevados a cabo en la ejecución de las tareas en cada etapa del proyecto, y menos integran la sostenibilidad buscando solamente la maximización de la utilidad. De aquí que esta propuesta sea un llamado a la formalidad en la minería que permita, bajo el marco teórico del desarrollo sostenible, internalizar responsable e integralmente todos los costos de un proyecto de manera que se convierta en una minería organizada y responsable.



Se propone una metodología de valoración económica de recursos minerales, donde se integren las herramientas de las diferentes áreas del conocimiento que participan en un proyecto minero, de manera que se tenga una guía de evaluación discriminada de los costos desde las diferentes bases científicas, que permita obtener el valor unitario máximo del mineral o roca para ser extraído de la corteza terrestre, integrando el concepto de desarrollo sostenible a partir del análisis de la renta y del análisis beneficios-costos (regla de Hotelling y de Hartwick). Para ver todo el análisis matemático de esta propuesta remitirse a Hotelling (1931) y Hartwick (1990).

Mediante esta propuesta no se pretende dar o quitar protagonismo a las evaluaciones técnicas de las ramas del conocimiento involucradas en los proyectos mineros, sino presentar la información de manera ordenada y sistemática de modo que las revisiones que se realicen de los valores unitarios obtenidos sean comparables y cuenten con todo el respaldo teórico de cada una de las especialidades.

En el presente artículo se busca responder a los siguientes interrogantes:

¿Por qué y para qué se plantea una metodología para obtener el valor unitario máximo de un recurso mineral que incluya el concepto de desarrollo sostenible?

¿Cómo se aplica el concepto de desarrollo sostenible a la minería?

¿Cuál es el planteamiento de la economía ambiental en torno a los recursos agotables?

¿Cómo impacta un proceso minero las funciones de la Tierra y la sociedad?

¿Cuál es la manera de internalizar estos impactos a una valoración económica o cómo se logra maximizar los beneficios privados y sociales siguiendo las líneas del desarrollo sostenible?

En los próximos apartes se pretende dar respuesta de manera ordenada a las preguntas propues-

tas y, construyendo sobre las respuestas obtenidas, definir una guía de valoración de recursos minerales incorporando el concepto de desarrollo sostenible.

2. DESARROLLO SOSTENIBLE APLICADO A MINERÍA

El concepto de sostenibilidad apareció en el “Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo”, conocido como Informe Brundtland de 1987, que presentó a la ONU una comisión encabezada por Gro Harlem Brundtland. Originalmente, se llamó “Nuestro futuro común”. Allí se empleó por primera vez el término *desarrollo sostenible*, definido como el que “satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”. Existen varias definiciones de desarrollo sostenible que enmarcan, entre otros aspectos, las relaciones entre las diferentes ciencias, destacando que las acciones locales tienen efecto en el medio ambiente global, que se requiere mayor eficiencia en la utilización de recursos y que no deben omitirse los verdaderos costos extractivos de los recursos naturales.

Desde el punto de vista de utilización de productos provenientes de la corteza terrestre, el concepto de desarrollo sostenible tiene importantes implicaciones, pues involucra en su análisis a las futuras generaciones, ya que no contarán con el recurso extraído en el presente (agotamiento) y se les dejarán los problemas de los estériles y contaminantes producidos por las actividades extractivas y de beneficio, problemas derivados de no ejecutar los planes de cierre de las minas.

Los recursos naturales minerales son limitados, su explotación tiene implicaciones en las generaciones actuales y futuras, no sólo por la disponibilidad, sino por el manejo de desechos y estériles. Además su extracción tiene efectos sistémicos, lo cual nos conduce a que la definición de desarrollo sostenible más adecuada para evaluar un proceso minero sea

la señalada en el informe Brundtland. No se hace un análisis de las demás definiciones de desarrollo sostenible aplicado a minería, dado que este no es el objeto del artículo.

Sólo es extraíble lo que tiene posibilidad de utilización y, por tanto, puede ser valorable, teniendo presente que el proceso extractivo tiene implicaciones intergeneracionales e intrageneracionales en los componentes individuales del sistema donde se realiza la actividad. Es decir, para valorar un recurso minero se deben tener en cuenta los impactos reales que causa el proceso extractivo en todos los ámbitos físicos, sociales, económicos, políticos, etc., y la manera de hacer esto es mediante una internalización de externalidades ya sean positivas o negativas.

Habiendo esbozado cómo se involucra el concepto de desarrollo sostenible a la minería, se hace necesario conocer cómo ha sido la inserción de esta terminología en la economía ambiental, lo cual se hace en la sección 3.

3. ECONOMÍA AMBIENTAL Y RECURSOS AGOTABLES

3.1 Planteamientos de la economía ambiental en torno a los recursos agotables

Cortés (2007) plantea que

la preocupación de la economía por los asuntos ambientales es un fenómeno, relativamente, nuevo al interior de la disciplina. Si bien un nutrido grupo de áreas científicas reflexionó en torno a problemas como la contaminación, a partir de la Revolución Industrial, sólo hasta mediados del siglo XX la economía presenta, sistemáticamente organizados, una serie de aspectos, principios y procedimientos para afrontar este tipo de cuestiones, las cuales amenazan con frenar las posibilidades presentes y futuras de bienestar social.

La economía ambiental incluye las actividades de intercambio humanas así como el sistema ecológico donde se desarrollan. Estas interacciones

dentro del sistema ecológico incluyen: provisión de insumos y de materiales necesarios para la producción, recepción de residuos provenientes de la producción y el consumo, suministro de atracciones paisajísticas y sostenimiento de la cadena de la vida. Otras posiciones sobre el tema las exponen Naredo (1992), Posada y Vargas (1997) y Vargas (2005).

El concepto de sostenibilidad, tal como se define en el informe Brundtland, lleva a hablar de equidad, modernización, empleo, mejoría de niveles de calidad de vida, estabilidad, relaciones intercomunitarias, uso racional de los recursos, protección a la biodiversidad y ordenamiento, entre otros, por cuanto es el mejoramiento de las relaciones y condiciones naturales en donde se desarrolla y sostiene la vida en el planeta (Brundtland, 1987).

La manera de completar los planteamientos de la economía ambiental en la valoración de recursos minerales son las reglas o principios definidos por Hotelling y Hartwick.

3.2 Reglas de Hotelling y Hartwick

En la economía de recursos naturales no renovables estas dos reglas describen, en términos generales, cómo se plantea la tasa de extracción óptima (Hotelling) y qué parte de las rentas obtenidas de la extracción de recursos se destinan de forma tal que el bienestar de la sociedad aumente en el largo plazo (Hartwick).

Este artículo plantea que se internalice a la evaluación económica todo lo requerido para que el bienestar de la sociedad se incremente en el largo plazo, es decir, que tenga dónde desarrollar sus actividades y cuente con los medios en el futuro.

Conocer la renta por invertir es conocer las actividades mineras y los impactos que esta actividad produce, haciendo los planes de manejo de manera que se internalicen al costo todas las externalidades. Para esto se debe tener una manera organizada, pero abierta, que permita evaluar el modelo en momentos diferentes, pero haciendo comparables sus resultados.



Considera el autor que la vía más expedita para conectar la información de las diferentes bases científicas del conocimiento en la minería es la monetarización y, por ello, se emplea este mecanismo como conector de la propuesta. No es la monetarización de los problemas lo que contribuye a encontrar las soluciones, es la ejecución de los planes propuestos desde las diferentes áreas del conocimiento lo que aumentará el bienestar común y hará que los proyectos contribuyan a la sostenibilidad del sistema. La monetarización es sólo un mecanismo de comunicación efectivo entre las disciplinas y los agentes involucrados.

4. FUNCIONES DE LA TIERRA, MINERÍA Y SOCIEDAD

Después de contextualizar los planteamientos de la economía ambiental y antes de involucrar en el análisis el proceso minero y su impacto en las funciones de la Tierra, es pertinente hacer claridad acerca de estas funciones y sus relaciones con la minería y la sociedad. Para evaluar cuáles son las consecuencias de la minería sobre los sistemas terrestres y la comunidad humana, se hace una breve descripción de funciones del planeta y del proceso minero y la manera de incorporar el concepto de desarrollo sostenible al proceso de evaluación ambiental.

4.1 Funciones del planeta

Nuestro planeta cumple diversas funciones que en conjunto son las que permiten el desarrollo de vida en él; entre las de mayor relevancia se encuentran (Uclés, 2006):

- Funciones de soporte o carga, en las que el medio ambiente proporciona el sustrato sobre el que se desarrollan las actividades humanas.
- Funciones de producción conjunta, en las que el medio cumple un papel activo, aunque predominan las decisiones humanas.

- Funciones de significación, en las que el medio ambiente se relaciona con los “significados” y conocimientos humanos.
- Funciones de hábitat, relacionadas con el hogar ecológico de la vida.
- Funciones de proceso, beneficios para la humanidad derivados de la capacidad del ambiente para amortiguar los riesgos y peligros de las acciones humanas.
- Funciones de regulación, referidas a la capacidad de los componentes ambientales para contener influencias dañinas de otros componentes.

4.2 Proceso minero

Los libros de minería detallan los procesos mineros a cielo abierto y de minería subterránea. La minería tiene diferentes actividades que impactan las funciones de la Tierra, cuya descripción general se hace con adaptación del estudio sobre actualización del impacto ambiental de la mina Calenturitas (Integral, 2008), así como con conceptos de ITGE (1997).

- *Apoyo a las actividades del área de influencia.* La empresa minera participa en la ejecución de proyectos para el beneficio de las comunidades asentadas en la zona donde se desarrollará la minería. Estos proyectos son concebidos con el apoyo de las administraciones municipales y con la participación activa de las comunidades beneficiadas.
- *Demanda de bienes y servicios.* Compra o adquisición de bienes y servicios necesarios para el personal y los equipos, con el fin de garantizar el normal montaje de la infraestructura requerida por la operación minera.
- *Remoción de vegetación.* Retiro de especies arbóreas y arbustivas para la preparación de áreas de explotación o adecuación de botaderos. Este material está compuesto por la porción

maderable y la no maderable, la primera es utilizada en muchos casos para consumo en la mina y se entrega a la comunidad, la segunda se lleva a la zona de acopio de horizonte A¹.

- *Construcción y montaje de infraestructura.* Construcción de toda la infraestructura necesaria para brindar apoyo a la operación minera, tales como oficinas, talleres, carreteras, vías férreas, campamentos, sitios de acopio, sitios de beneficio (trituración, lavado, cargue), tendidos eléctricos, desviación de corrientes, puentes, desvíos, etc.
- *Operación de instalaciones domésticas.* Operación de campamentos y oficinas. Incluye el mantenimiento y seguimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas; así como los mantenimientos de redes eléctricas, sistemas de aire acondicionado, lavandería, comedor, entre otros.
- *Operación de vías de transporte.* Operación de las vías de transporte (carreteras o ferrocarriles) y su conexión desde el centro de acopio con otras carreteras o línea férrea de carácter nacional, hasta su destino final, como un puerto marítimo.
- *Apertura de nuevos frentes de minería.* Inicio o ampliación de áreas de explotación, lo que implica el incremento de área intervenida.
- *Remoción y acopio del horizonte A.* Remoción de la vegetación y capa superior de suelo, la cual se encuentra generalmente representada por los horizontes 0, A y B según clasificación de Deere y Paton (1971), en las áreas necesarias para la construcción de vías, canales, oficinas, talleres, vía férrea y botaderos.
- *Perforación y voladura.* Algunos estériles que yacen sobre las formaciones de interés económico corresponden a material consolidado, que debe ser fracturado con voladuras para su remoción. Para la preparación de estas voladuras, se perfora el terreno y se coloca una carga explosiva, la cual será activada de manera controlada, para lograr el fraccionamiento en tamaños fáciles de manipular con excavadoras.
- *Excavación, transporte y depósito de estéril.* Las labores de remoción de estéril están determinadas por el método de explotación definido en el diseño minero. En dicha definición desempeña un papel preponderante tanto el equipo que se utilizará como las características del conjunto de rocas que han de ser removidas.
- *Excavación, transporte y depósito de mineral a zonas de acopio.* Las labores para la extracción de minerales están determinadas por el método de explotación seleccionado y se definen en el diseño de la mina, ajustado a la selección del equipo con el cual se va a acometer la extracción del mineral.
- *Excavación, transporte y depósito de entresuelo.* Incluye las labores correspondientes al transporte con camiones de capacidad adecuada para obras de drenaje en los botaderos.
- *Procesamiento.* El acopio o almacenamiento de material explotado se hace con el fin de compensar las diferencias que existen entre producción, calidad, transporte y despacho (consumo).
- *Entrega del mineral para venta y pago de obligaciones legales.* Este es el proceso de despacho y, por ende, de control de las cantidades vendidas del mineral para cuantificar las transferencias a la nación, departamento y municipios por regalías, impuestos y tasas. Se incluyen también los ingresos a la nación e instituciones por efecto de las divisas generadas y los aportes para fiscales.

1 Perfil de meteorización de Deere y Paton (1970) donde se realiza la siguiente disgregación: Horizonte 0, capa vegetal; Horizonte IA, suelo edáfico; Horizonte IB, zona de acumulación de lixiviados; Horizonte IC, suelo saprolítico producto de la meteorización de la roca; Horizonte II, transición suelo-roca y Horizonte III, roca fresca sin meteorización.



- *Operación y mantenimiento de maquinaria y equipos.* Actividades de operación y mantenimiento de maquinaria y equipos asociados a la operación minera y a las áreas de apoyo en el proyecto minero (talleres, patios de almacenamiento de materiales y central de generación de energía, entre otras).
- *Rehabilitación de suelos degradados y revegetalización.* Esta actividad incluye las labores de identificar, modelar y estabilizar las áreas que se rehabilitarán para eliminar la compactación e incrementar la infiltración y perfilar el terreno de la manera más natural posible.
- *Desmonte y abandono.* Consiste en el proceso de cierre del ciclo minero, que puede incluir la demolición de la infraestructura existente (si es necesaria), abandono de tajos, retiro de las zonas de servicio, etc. La actividad de cierre y abandono está asociada con las actividades para minimizar los riesgos en el área y determinar el uso futuro de las instalaciones y las tierras.

4.3 Impacto ambiental

La minería es una actividad ligada al acontecer en el sistema donde se desarrolla y su evaluación de impactos debe abordarse con este enfoque. Se hace claro, entonces, que la manera de evaluar los impactos de la minería en las funciones que cumple el planeta debe realizarse por medio de una evaluación de impactos ambientales que implica la internalización de las externalidades positivas y negativas generadas por la actividad sobre el medio, pero esto evaluado desde el punto de vista sistémico. Para mayor claridad sobre este enfoque ver Coronado (2000), Cortés (2007), Leal (2000), Miró (2001), Pillet (2007), Uclés (2006) y Vásquez *et al.* (2001).

El sentido de someter los proyectos mineros al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental tiene como objetivo internalizar al proyecto la mitigación, prevención y la compensación de los impactos resultantes de las actividades desarrolladas por éste.

Para integrar la dimensión social del desarrollo sostenible y la equidad intergeneracional con consideraciones económicas y ambientales en el contexto del desarrollo sostenible es necesario conocer los impactos sociales, riesgos y oportunidades que un proyecto minero genera.

Este análisis se divide en lo concerniente a: antes del proyecto (*ex ante*), durante la ejecución del proyecto y posteriormente (*ex post*) en el abandono. Para ello se puede acudir al análisis de dimensiones, que implica descomponer los sistemas en sus componentes básicos y en cada uno de ellos establecer una línea base, después involucrar cada una de las actividades mineras a esa línea base y dimensionar los efectos que cada actividad produce sobre cada componente para finalmente, y basado en los impactos analizados, proponer un plan o medida de manejo de cada impacto.

Integrando lo enunciado sobre funciones de la Tierra, proceso minero e impacto ambiental y adaptando lo planteado por Lopera (2005), un proceso extractivo evaluado bajo la teoría de desarrollo sostenible debe contener como mínimo las siguientes premisas:

- Invertir parte de la renta para buscar sustitutos renovables y de bajo impacto ambiental y social.
- Garantizar la protección y compensación del capital natural crítico, es decir, el que garantiza las funciones medioambientales que sirven de soporte a la vida y para las cuales no existe ningún sustituto en términos de capital manufacturado o humano.
- Establecer criterios para garantizar que las emisiones y vertimientos sean menores que las tasas de asimilación del medio ambiente y que con las actividades directas o indirectas no se disminuya esta capacidad de asimilación.
- Establecer las retribuciones por impactos generados por la explotación sobre la economía y condiciones de vida de las comunidades afectadas directa o indirectamente.

5. PROPUESTA METODOLÓGICA

Con base en las anteriores premisas, se plantea una propuesta metodológica que permita efectuar la valoración de recursos minerales usando el concepto de desarrollo sostenible aplicado a minería. Se plantea la internalización de impactos generados por la minería para obtener una valoración económica mediante la maximización de los beneficios privados y sociales, pero siguiendo los lineamientos del desarrollo sostenible. Pueden encontrarse planteamientos generales sobre el asunto en los principios del ICMM (2007) y en las guías de la ONU (1994 y 2007).

Se expone una herramienta integradora de todos los conceptos que afectan o condicionan un proyecto minero y que influyen en el valor unitario del mineral o roca en el momento de la valoración. Se plantea una guía que permite organizar y valorar la información proveniente de cada área del conocimiento involucrada en un proyecto minero. Significa que el estudio y formulación de los conceptos de los temas involucrados deben ser preparados por los expertos en las diferentes ramas del conocimiento. Los estudios aportados por cada área son la base analítica para obtener la estructura de la metodología que está representada por una función de ingresos y costos.

$$f(\text{VUM}) = f(f(I), f(G), f(C), f(t))$$

Donde:

VUM: Valor unitario del mineral

I: Ingresos por comercialización en valor presente.

G: Costos de extracción, beneficio, transporte, etc. en valor presente

C: Cantidad de reservas

t: Vida útil del depósito

Como se observa, la función de VUM está a su vez compuesta por otras funciones de las cuales se hace una breve descripción para comprender su efecto en la función general.

- La función de ingreso $f(I)$ es la cantidad en unidades monetarias que el mercado está dispuesto a pagar por un bien o servicio durante el tiempo que permanezca en el mercado y está controlado por las reservas mineras, definidas por el modelo geológico, el tipo de minería, la tasa de extracción del depósito y la destinación del mineral.
- La función de cantidad $f(C)$ depende de la condición geológica (modelo geológico) y del método de extracción (modelo minero).
- La función de tiempo $f(t)$ tiene como factores de borde la cantidad de mineral extraíble y la condición de mercado que marca la tasa de extracción.

Respecto a la función de costo $f(G)$, involucra todos los costos del proceso minero, pero sin limitarse o restringirse al componente de extracción directa, lo cual generaría una sobrevaloración del bien. Sobre esta función se desarrolla el análisis de la propuesta, dado que es aquí donde existe una deficiencia (o falta) de integración de conceptos ambientales, sociales y visión sistémica que incluya todos los costos reales y gastos mencionados, teniendo como base la información proveniente del tipo de yacimiento, reservas geológicas, tipo de minería, reservas mineras y restricciones ambientales en la explotación, infraestructura, posibles escenarios de extracción, restricciones de los mercados, sustitutos, posibilidades de reciclaje, agotamiento, desechos y responsabilidad social, entre otros, bajo la óptica de desarrollo sostenible aplicado al contexto minero.

La función de costo es a su vez una función compleja que involucra otras funciones de costos y que se pueden separar entre operativos, financieros, ambientales, sociales, etc. Estos en sí son los que permiten extraer el mineral o roca de interés, pero son los que a su vez mantienen lo que se denomina licencia social para operar. Esta función puede expresarse de la siguiente manera:



$$f(G) = f(f(E), f(F), f(A), f(S), f(O))$$

Donde:

- G: Costos
- E: Costos de exploración, extracción y cierre
- F: Costos financieros
- A: Costos ambientales
- S: Costos sociales
- O: Otros costos

f(E): Consideraciones del gasto asociados a los costos de exploración y extracción

Los costos de exploración, extracción y abandono están relacionados con la actividad minera como tal, es decir, su operación, mantenimiento y soporte. Dependiendo del tamaño de la mina, se pueden tener al mismo tiempo actividades de exploración en un área mientras que en otras se adelantan procesos extractivos y planes de abandono.

f(F): Consideraciones del gasto asociado a los costos financieros

Estos se encuentran relacionados con el costo del capital involucrado en la financiación de todas las actividades y las expectativas de rentabilidad de los inversionistas de capital más las expectativas de rentabilidad de los intermediarios financieros.

f(A): Consideraciones del gasto asociado a los costos ambientales

Se internalizan las externalidades negativas y positivas que la implementación de un proyecto minero genera; están incluidos los costos de aplicar los planes y acciones de manejo ambiental derivados de la evaluación, vale decir, el costo ambiental de usar el recurso.

Respecto al valor de no usar el recurso será tomado como valor cero, dado que se parte del hecho de que el recurso por valorar es necesario para el desarrollo de las actividades económicas y, por ende, el no extraerlo no es una opción, lo que

lleva a que la extracción debe realizarse observando todos los planes generados a partir de la matriz de impactos ambientales.

De manera resumida, es monetizar las estrategias de manejo que se derivan de identificar los impactos generados, teniendo presente que se garantice la protección del capital natural crítico.

f(S): Consideraciones del gasto asociado a los costos sociales

Los impactos de las actividades de desarrollo pueden ocurrir en diferentes escalas sociales, incluyendo individuos, familias y comunidades, naciones, culturas y la sociedad en su conjunto. También se debe señalar que la dimensión social es subjetiva, cualitativa, difícil de medir y percibida de manera distinta por los numerosos participantes e interesados directos.

Cuando las compañías mineras tocan este tema se pueden desarrollar tres escenarios. El primero es que existe el riesgo de que la industria suplante al Estado involucrándose demasiado; o bien que, al no participar lo suficiente con la comunidad, enfrente oposición a un proyecto minero propuesto o existente, pero también se dan oportunidades para que la industria establezca una buena relación con una comunidad, lo cual puede facilitar las operaciones en el largo plazo mediante la aplicación de políticas ambientales y de responsabilidad social empresarial (RSE) que, entre otros objetivos, propendan por la sostenibilidad y desarrollo local de largo plazo.

f(O): Otras consideraciones del gasto asociados a los costos no contemplados en las demás categorías

En este rubro se incluyen casos de costos generados por situaciones derivadas de eventos no planeados o planeados con bajo nivel de riesgo asociado, pero que al comenzar el proyecto desembocan en inversiones o generación de desembolsos mayores que los proyectados.

Existen para la aplicación de la metodología dos conceptos importantes que hacen referencia al momento de la valoración y las tasas de descuento

que se usan, lo anterior dado que se plantea la obtención del valor presente neto del recurso.

5.1 Momento de la valoración

Es definitivo el momento de la valoración para determinar el valor unitario de un mineral, ya que las dinámicas económicas, políticas y sociales generadas después de poner en marcha un proyecto, así como el agotamiento de las reservas y el deterioro de la capacidad del medio para seguir cumpliendo con las funciones de hábitat, soporte, proceso, etc., impactan de manera significativa las funciones de gastos en sus componentes y, por tanto, el valor obtenido. En otras palabras, la valoración es afectada por el momento en que se realiza.

5.2 Tasas de descuento para utilizar en la evaluación de los flujos de caja

Para el caso de esta propuesta, primero debe definirse si se emplea una tasa para lo operativo y otra u otras para el caso de los costos ambientales y sociales. La definición de la tasa de descuento será tomada en el momento de usar la herramienta y para ello se puede optar por tasas de mercado, interbancaria, del sector minero, ambientales, sociales, etc.

6. CONCLUSIONES

El desarrollo sostenible es un proceso de cambio en el cual la explotación de los recursos, la orientación de la evolución tecnológica y la modificación de las instituciones están acordes y acrecientan el potencial actual y futuro para satisfacer las necesidades y aspiraciones humanas, por lo cual este concepto debe mantenerse ligado a la evaluación de proyectos mineros.

El valor unitario del recurso evaluado depende de la destinación con la que fue valorado, es decir, si en el futuro se cambia la destinación de mercado que tiene el bien, esta valoración no tendría apli-

cación, puesto que la generación de ingresos sería diferente y muy probablemente las condiciones de frontera definidas en el modelamiento minero pierdan validez así como el proceso de beneficio y, por ende, los impactos ambientales evaluados. En resumen, si el mineral cambia de destino en el mercado, la valoración debe repetirse en toda su extensión.

La propuesta de metodología no es excluyente ni limitadora, ya que permite de una manera ordenada incorporar consideraciones o modificar las condiciones de borde, ajustándose al real comportamiento del sistema y sus dinámicas individuales.

Usando esta metodología y haciéndole variaciones es posible ajustarla para evaluar proyectos de infraestructura, obteniendo el valor de los ingresos de las rentas generadas por el permiso de uso a terceros.

Con esta propuesta se pretende sumar en el esfuerzo para que el país salga de la informalidad minera y se logre alcanzar un escenario donde sólo hagamos minería organizada y responsable que permita una adecuada distribución del ingreso y la renta.

REFERENCIAS

- Brundtland, Gro Harlem. Nuestro futuro común. Documento en PDF [online]. (Consultado el 4 de abril de 2007). Brasil: 1987. Disponible en versión HTML: www.lainsignia.org/2002/julio/ecol_003.htm - 24k.
- Coronado, Camilo Ignacio. Prefactibilidad socioeconómica multicriterio de proyectos de desarrollo en la pequeña minería: una propuesta metodológica. Tesis de grado (Maestría en Economía de la Energía y los Recursos Minerales), 2000. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.
- Cortés, Raúl (2007). "A propósito de la relación economía y medio ambiente: un balance crítico sobre las convenciones y tensiones epistémicas de la disciplina". *Cuadernos de Economía*, vol. 26, No. 47 (jul.-dic.).
- Deere, D. U. and Patton, F. D. (1971). *Slope stability in residual soils*. Fourth Panamerican Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, American Society of Civil Engineers, pp. 87-170.



- Hartwick, John M. (1990). "Natural resources, national accounting and economic depreciation". *Journal of Public Economics*, vol. 43, No. 3, pp. 291-304.
- Hotelling, Harold (1931). "The economics of exhaustible resources". *The Journal of Political Economy*, vol. 39, No. 2 (April), pp. 137-175. (Traducido al español en *Cuadernos de Economía Aplicada*, No. 3, CEURA, Madrid, 1987).
- ICMM. Marco conceptual sobre desarrollo sustentable del ICMM: principios del ICMM. Documento en PDF [online]. (Consultado el 13 de abril de 2007). Disponible en: www.icmm.com/publications/ICMM_Principios_es.pdf.
- Integral S. A. *Actualización estudio de impacto ambiental Mina Calenturitas*. Medellín, 2008.
- Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE). *Manual de evaluación técnico económica de proyectos mineros de inversión*. 2 ed., 1997.
- Leal, José. *Técnicas de valoración económica de impactos ambientales: aplicabilidad y disponibilidad de información. El caso del sector minero*. [en línea]. Santiago de Chile: CIPMA, Mar 2000 [Consultado el 27 de junio de 2009]. Disponible en: <<http://www.cipma.cl/hyperforum/Valorizacion.doc>>.
- Lopera, Sergio Hernando (2005). "Petróleo y sostenibilidad energética: caso Colombia". *Aportes*, 028, pp. 107-120.
- Miró, Pablo. El teorema de Coase y sus implicaciones según el teorema del coste social. Documento en PDF [online]. (Consultado el 11 de mayo de 2007). Madrid: 2001. Disponible en HTML: <http://www.eumed.net/coursecon/colaboraciones/Miro-Coase.htm>.
- Naredo, J. M. (1992). "Los cambios en la idea de naturaleza y su incidencia en el pensamiento económico actual". *Información Comercial Española*, 711, pp. 11-30.
- ONU. Environmental guidelines for mining operations. Documento en PDF [online]. (Consultado el 4 de abril de 2007). Alemania:1994. Disponible en HTML: http://www.iied.org/mmsd/mmsd_pdfs/ab/ab_bibliografia.pdf.
- ONU. Mining, environment and development. Documento en PDF [online]. (Consultado el 4 de abril de 2007). Disponible en HTML: <http://www.natural-resources.org/minerals/CD/sustdev.htm>.
- Pillet. Conceptualización del desarrollo sostenible. Documento en PDF [online]. (Consultado el 23 de abril de 2007). Disponible en HTML: www.eumed.net/tesis/jmc/cap02.pdf.
- Posada, Luis Guillermo y Vargas, Elkin. *Desarrollo económico sostenible, relaciones económicas internacionales y recursos minero-energéticos en Colombia*. Trabajo de grado (Magíster en Economía). Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 1997, 204 p.
- Uclés, David (2006). "El valor económico del medio ambiente". *Ecosistemas*, vol. 15, No. 2 (mayo), pp. 66-71.
- Vargas, Elkin. *Gotas de aceite, lágrimas de oro: apuntes históricos, jurídicos y políticos sobre el sector minero*. Medellín: El Mundo, 2005. 74 p.
- Vásquez, Felipe; Cerda, Arcadio; Orrego, Sergio Alonso y Puentes, Luis (2001). Valoración económica de la calidad ambiental, con muestras estratificadas proporcional y apropiadamente, *Economía y Administración*, vol. 56, No. 1, pp. 47-59.