

**INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD PARA LA
INDUSTRIA MINERA EXTRACTIVA. PROPUESTA PARA
LA MINERÍA AURÍFERA DE COLOMBIA**

José Hernán Valencia Valencia

Ingeniero de Minas y Metalurgia
Calle 28 No. 79 – 71 Apartamento 402. Medellín – Colombia
jvalencia52@hotmail.com

RESUMEN

Aunque en Colombia la promulgación de la última Constitución Política se dio a principios de la década de los 90, en el siglo pasado, los esfuerzos del Gobierno Nacional y de los gremios económicos para ponerse a tono con la Constitución, en los campos de minería y del medio ambiente, solo han dado sus frutos en la presente década.

En materia ambiental, desde el año 1995 empezaron a tener vigencia los cambios propuestos por la Ley 99 de 1993, Ley Ambiental, la cual establece normas de gestión ambiental, de obligatorio cumplimiento para toda obra o actividad que se lleve a cabo en el país. La misma Ley da las pautas para que el Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales – IDEAM – elabore los indicadores ambientales para Colombia.

En el campo de la actividad minera, solo en el año 2001 entró en vigencia la Ley de Minas como derrotero fundamental para orientar tan importante actividad económica definida por la Constitución como de utilidad pública e interés social. Dicha Ley deja en manos de la autoridad ambiental, el establecer los medios e instrumentos de vigilancia de las labores mineras en el aspecto ambiental, hecho que se refleja en la expedición de las “*Guías ambientales*” para la actividad minera, hoy en elaboración. En estas

guías se explica la metodología para la definición de los Indicadores de Gestión Ambiental – IGAs- para los diferentes tipos de industria minera extractiva, existentes en Colombia.

Como complemento a los IGAs e importante herramienta de planificación, se propone en el presente estudio la inclusión de indicadores técnicos y económicos que permitirán determinar el estado de la industria minera extractiva aurífera no solamente desde la óptica eminentemente ambiental. Se hace énfasis en la metodología para la determinación de los indicadores de impacto ambiental, tecnológicos y económicos de la minería aurífera, aplicables los mismos a un proyecto de minería social que se desarrolla en Colombia.

LOS INDICADORES AMBIENTALES DE CARÁCTER GLOBAL DE COLOMBIA

Los indicadores ambientales de Colombia, elaborados en forma preliminar por el Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales – IDEAM -, se sitúan dentro de la versión ampliada del modelo PER (presión-estado-respuesta), desarrollado por la Organización para la Cooperación Económica y el Desarrollo (OECD) e implementados por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP) y la Comisión de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas para la Construcción de Indicadores Ambientales y de Sostenibilidad (1996). La adaptación de estos indicadores se realizó en 1998 a través del Convenio entre el Departamento Nacional de Planeación y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) de Colombia y según modelos desarrollados por el IDEAM para el conocimiento de las relaciones Hombre – Naturaleza.

Se trata de indicadores de carácter muy global relacionados, entre otros factores con: El clima, el cambio global, el recurso hídrico

(aplicado a grandes cuencas hidrográficas), suelos, cobertura vegetal y calidad ambiental. Por esta razón, los mismos no hacen alusión a efectos ambientales tan concretos como el de la industria minera que, como se dijo, se encuentran en elaboración.

En el presente trabajo se pretende aportar algunas ideas para la construcción de los indicadores de sustentabilidad en minería aurífera subterránea, basándose en las guías ambientales arriba mencionadas.

INDICADORES DE SUSTENTABILIDAD PARA LA INDUSTRIA MINERA AURÍFERA EN COLOMBIA

El esquema propuesto para la formulación de indicadores de sustentabilidad aplicables a la industria minera extractiva del oro, como se dijo, incluye los componentes técnico, económico y ambiental, vistos los mismos como un sistema en el cual dichos componentes son interdependientes. El efecto negativo o positivo que uno de ellos ejerza, puede producir un efecto equivalente sobre el sistema general. Así, para el caso práctico de la actividad minera, no basta con determinar la benevolencia de esta industria únicamente desde el punto de vista técnico y económico, sin considerar la afectación de ella sobre el medio ambiente, porque si la evaluación ambiental resulta negativa, la ejecución de la actividad, de todas maneras, se considerará no viable.

De no tenerse en cuenta la integralidad de los componentes del sistema arriba mencionados, se producirá un sesgo en la decisión de emprender un proyecto minero o determinará la entrega de resultados negativos en el momento de controlarlo, si el proyecto se encuentra en operación. Desde el momento mismo de planear la ejecución de un proyecto minero, debe concebirse el enfoque sistémico para la elaboración de los indicadores de sustentabilidad.

El modelo propuesto, se presenta en la figura 1 del presente documento y es preciso anotar que el mismo consiste en una simple propuesta que debe ser detenidamente revisada y analizada, para poder ponerla en conocimiento de la autoridad minera y ambiental competente. En el marco de un proyecto social de explotación aurífera a desarrollarse en Colombia, en su debido momento, un grupo interdisciplinario de ingenieros y ecólogos evaluarán esta propuesta y presentarán los resultados de dicho proyecto en los términos así planteados.

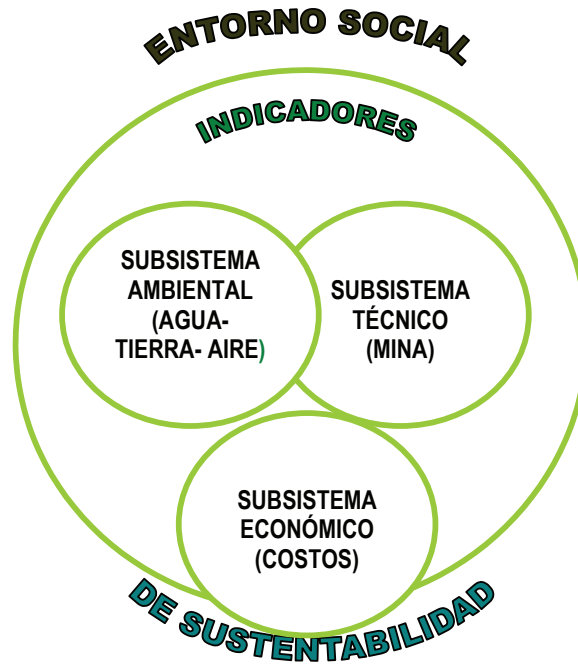


Figura 1 - Modelo del sistema de indicadores de sustentabilidad propuesto.

Los indicadores de sustentabilidad se aplicarán a un proyecto eminentemente social, auspiciado por el gobierno colombiano, de acuerdo a lo estipulado en el artículo 31 del Código de Minas (Ley 685), por lo cual el entorno social se considera aquí un sistema mayor, envolvente de los indicadores de sustentabilidad. Será necesario entonces definir mas adelante, la propuesta de indicadores sociales de sustentabilidad basados, esencialmente en la medición de la calidad de vida de las comunidades mineras.

SUBSISTEMA AMBIENTAL. INDICADOR DE GESTIÓN AMBIENTAL (IGA)

Tomando como base la guía ambiental para la minería subterránea del carbón, elaborada por las autoridades minera y ambiental de Colombia, se presenta aquí la propuesta para la creación de un sistema de indicadores de sustentabilidad para la minería subterránea del oro, aplicable a un proyecto social llevado a cabo por la alianza PNUD – MINERCOL en la región minera del Sur de Bolívar (Colombia).

El Indicador de Gestión Ambiental propuesto en la *Guía Ambiental*¹ es una expresión que permite integrar el nivel de desempeño de la empresa en relación con tres aspectos que se consideran vitales para determinar la respuesta de las organizaciones o entidades ante sus responsabilidades ambientales. Ellos son:

- El grado de desarrollo o ejecución y cumplimiento del Plan de Manejo Ambiental que hace parte ya sea del proyecto o de actividades en ejecución.

¹ Ministerio del Medio Ambiente y Empresa Nacional Minera – MINERCOL. Guía Ambiental para Minería Subterránea de Carbón. Bogotá D.C., 2001. Pág. 92.

- El estado de legalidad ambiental de las actividades de la empresa, en términos de la obtención de los permisos y las autorizaciones requeridas para el desarrollo del proyecto.
- El nivel de control de los impactos ambientales derivados de sus actividades.

Para cada uno de los tres aspectos considerados se define un indicadores y luego se integran los mismos en una sola expresión cuyo resultado debe reflejar el nivel de gestión ambiental de la empresa, actividad o proyecto. En la figura 2 del presente documento, se esquematiza lo aquí expuesto.

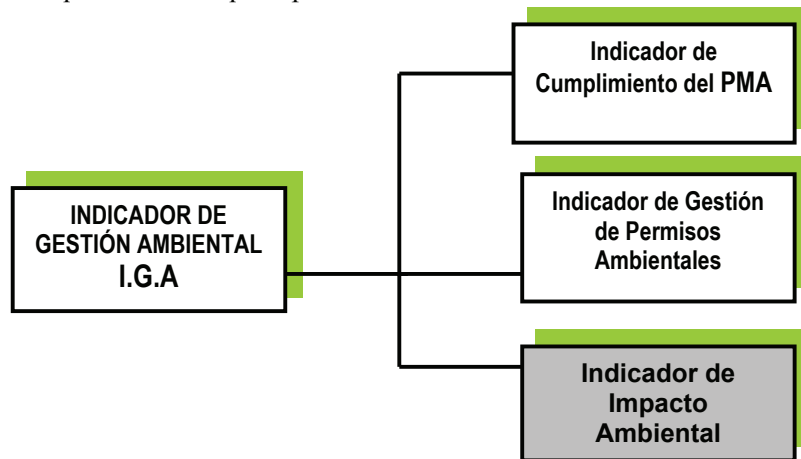


Figura 2 - Componentes del Indicador de Gestión Ambiental (I.G.A), según el Ministerio del Medio Ambiente y MINERCOL de Colombia

Para efectos de la presente ponencia solo se tendrá en cuenta el componente de impacto ambiental (cuadro sombreado de la figura 2) en la determinación de los indicadores de sustentabilidad para la minería extractiva del oro.

INDICADOR DE IMPACTO AMBIENTAL EN MINERÍA AURÍFERA. CASO SUR DE BOLÍVAR

El indicador de impacto ambiental es la expresión que recoge el efecto global que producen los cambios introducidos por la actividad generadora de impactos, sobre los diferentes componentes ambientales. Para este caso en particular, la actividad generadora de impactos es la pequeña minería aurífera de filón, que se desarrolla en un proyecto específico en Colombia. De otro lado siempre será necesario identificar y predecir los impactos que la actividad genera sobre los diferentes componentes y factores ambientales para de esta manera determinar los posibles indicadores de impacto y su unidad de medida. Las listas de chequeo y las matrices de doble entrada son una excelente herramienta que facilitan esta última tarea.

En la tabla 1 se muestra una relación de los diferentes componentes y factores ambientales, el impacto que producen y los indicadores de impacto determinados. En aras de la brevedad, solo se tendrán en cuenta los componentes ambientales que realmente se afectan el entorno, con impactos igualmente significativos.

Tabla 1. Identificación de impactos generales y determinación de indicadores de impacto ambiental en minería aurífera de filón.

COMPONENTE DEL MEDIO	FACTOR AMBIENTAL	IMPACTO	INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL
1. Tierra	1.1. Suelo	1.1.1. Destrucción directa	<ul style="list-style-type: none"> • Superficie afectada ponderada por su calidad
		1.1.2. Contaminación	<ul style="list-style-type: none"> • Contenido de metales y sales
	1.2. Morfología	1.2.1. Alteración de la topografía	<ul style="list-style-type: none"> • Superficie total modificada ponderada por su interés actual
1.2.2. Emplazamiento de escombreras		<ul style="list-style-type: none"> • Superficie total modificada en relación con a superficie reforestada 	
	1.3. Recursos minerales	1.3.1. Pérdida de recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Superficie ocupada ponderada por su interés económico
2. Atmósfera	2.1. Composición de la atmósfera	2.1.1. Alteración de la composición del aire	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de vapores de Hg. • Concentración de CO
		2.2. Ruidos	2.2.1. Incremento de los niveles sonoros
	2.3. Olores	2.2.3. Introducción de olores	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de materias olorosas • Superficie afectada por los olores
3. Aguas superficiales	3.1. Alteración de la calidad	3.1.1. Aporte de contaminantes químicos	<ul style="list-style-type: none"> • Concentración de compuestos químicos
4. Aguas subterráneas	4.1. Nivel freático	4.1.1. Alteración del nivel freático	<ul style="list-style-type: none"> • Ascenso o descenso del nivel freático
5. Procesos geofísicos	5.1. Alteración en la sedimentación	5.1.1. Sedimentación de los causes	<ul style="list-style-type: none"> • Sólidos en suspensión en el agua
6. Paisaje	6.1. Alteración del paisaje		6.1.1. Unidades de valor paisajístico
			6.1.2. Cobertura o grado de cubierta vegetal
			6.1.3. Contraste estructural

CALCULO DE LOS INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL POR FENÓMENOS MAS NOTABLES

A manera de ejemplo ilustrativo y para efectos de la presente ponencia, se describirá la metodología de cálculo de los indicadores de impacto ambiental para los factores de mas peso, por su incidencia sobre el medio ambiente, en el desarrollo de la actividad extractiva del oro en el Sur de Bolívar.

Se ilustrará el cálculo del indicador de impacto ambiental de aguas residuales, basándose en los niveles de la calidad ambiental de dichas aguas por el aporte de sedimentos, sulfatos y otros componentes químicos los cuales mas adelante se indicarán. El ejemplo también incluirá el calculo del indicador de impacto por el manejo de escombreras, considerado un problema de alta incidencia ambiental en proyectos de pequeña minería aurífera de filón.

- **Indicador de Impacto Ambiental de aguas residuales. Minería aurífera de filón. (I_{vertim})**

El indicador de aguas residuales o indicador de impacto ambiental de vertimientos (I_{vertim}) se puede calcular empleando la siguiente expresión matemática:

$$I_{\text{vertim}} = [(\sum Ca)/n] * [1-(Q_{\text{vert}}/Q_{\text{ca}})] * 100$$

Donde los términos significan:

I_{vertim} : Indicador de Impacto por vertimiento de aguas residuales

$\sum Ca / n$: Promedio de la calidad ambiental (n: número de parámetros físicoquímicos del indicador)

$Q_{\text{vert.}}$: Promedio del caudal vertido (litros / segundo)

$Q_{\text{ca.}}$: Caudal del cauce permanente donde se vierte (litros / segundo)

- **Parámetros fisicoquímicos considerados para el cálculo del $I_{\text{vert. (n)}}$**

En la tabla 2 se relacionan los parámetros fisicoquímicos considerados para el cálculo del Indicador de Impacto Ambiental de aguas residuales ($I_{\text{vert.}}$) y la fórmula recomendada para el cálculo de la calidad ambiental, inducida por dicho factor.

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos considerados para el cálculo del Indicador de Impacto Ambiental de aguas residuales vertidas a cauces permanentes en minería aurífera.

PARÁMETRO FISCOQUÍMICO	UNIDAD DE MEDIDA DEL PARAMETRO	EXPRESIÓN PARA EL CALCULO DE LA CALIDAD AMBIENTAL (Ca)
• pH		Ver figura 3
• Sólidos disueltos totales (SDT)	mg / l	Ca = Exp. [-0.009237*SDT]
• Sólidos Suspendidos totales (SST)	mg / l	Ca = Exp. [-0.009237*SST]
• Concentración de hierro [Fe]	mg / l	Ca = Exp. {-0.13863*[Fe]}
• Concentración de sulfatos [SO ₄]	mg / l	Ca = Exp. {-1.73287*[SO ₄]/1000}

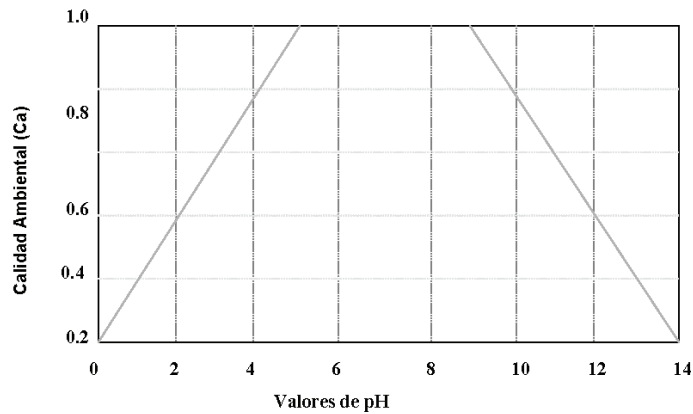


Figura 3 - Gráfico para el cálculo de la calidad Ambiental basándose en el factor de pH.

- **Indicador de Impacto Ambiental por manejo de escombreras. Minería aurífera de filón. ($I_{\text{escomb.}}$)**

El impacto ambiental producido por el manejo de escombreras en labores mineras subterráneas, es función de los siguientes parámetros: Distancia de la escombrera al cauce de agua, tipo de cauce de agua, la altura de la escombrera, el talud promedio de la escombrera, el área total de la escombrera y el área reforestada de la misma.

Para el cálculo de indicador de impacto ambiental producido por el emplazamiento de escombreras en minería subterránea, se emplea la siguiente expresión:

$$I_{\text{escomb.}} = [(C_{\text{adca}} + C_{\text{age}} + C_{\text{aref}}) / 3] * 100$$

En la cual los significan:

I_{escomb.}: Indicador de Impacto Ambiental por manejo de escombreras

Cadca: Calidad ambiental por distancia de la base de la escombrera al cauce de agua (m)

Cage: Calidad ambiental por la geometría de la escombrera

Caref: Calidad ambiental por reforestación

El factor de calidad ambiental por distancia a los cauces de agua (Cadca) se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$\text{Cadca} = K * X^{1/2}$$

Donde:

Cadca: Es el factor de calidad, por distancia a los cauces de agua

K: Es una constante que depende del tipo de cauce intervenido. Así: $K = 0.18257$ para cauces principales, $K = 0.25820$ para cauces secundarios y $K = 0.44721$ para cauces terciarios.

X: Distancia de la escombrera al cauce de agua dada en metros (m)

El factor de calidad ambiental por la geometría de la escombrera (Cage), se calcula utilizando el gráfico de la figura 4.

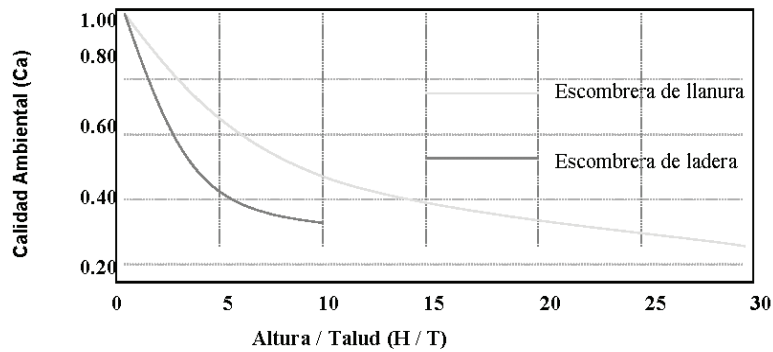


Figura 4 - Gráfico para el cálculo de la calidad ambiental por emplazamiento de escombreras

Donde:

H: Es la altura de la escombrera, dada en metros (m)

T: Es el talud promedio de la escombrera dado en m/m

El factor de calidad ambiental por reforestación (Caref), se calcula aplicando la siguiente expresión:

$$\text{Caref} = 1 - \text{Exp} [-5.36929 * (\text{Aref} / \text{Atot})]$$

Expresión en la cual:

Caref: Es el factor de calidad ambiental por reforestación

Aref: Es el área del talud reforestada, dada en metros cuadrados (m²)

Atot: Es el área total del talud, dada en metros cuadrados (m²)

Finalmente, El Indicador de Impacto Ambiental se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$I_{IA} = [\sum I_i * U_i] / 100 * n$$

En esta expresión, se define:

I_{IA}: Indicador de impacto ambiental total: valor entre 0 y 100

I_i: Indicador del impacto ambiental generado por el impacto i: valor entre 0 y 100

U_i: Unidad de importancia asignada al impacto i: valor entre 0 y 1000

n: Numero de factores ambientales evaluados

Para el caso de la presente temática, el indicador de impacto ambiental total (I_{IA}) se compone únicamente de dos factores ambientales, el de vertimiento de aguas residuales y el de emplazamiento de escombreras que llevan al calculo de los respectivos indicadores de impacto ambiental, $I_{vert.}$ e $I_{escomb.}$. Naturalmente, existen otros factores ambientales susceptibles de ser afectados por la actividad minera y que no son considerados aquí: atmósfera, medio sociocultural, vegetación, fauna, paisaje, etc.

La unidades de importancia de impacto (U_i) son asignadas a criterio del evaluador. La sumatoria de dichas unidades no puede pasar de 1000 y debe asignarse un valor de dicha unidad a cada factor considerado. Para nuestro caso particular, la expresión última para el cálculo del indicador de impacto ambiental en explotaciones de oro, en las cuales solo se consideran los vertimientos de aguas residuales y el emplazamiento de escombreras como factores de impacto ambiental, quedaría de la siguiente forma:

$$I_{IA} = [(I_{vert} * U_{vert}) + (I_{escomb} * U_{escomb})] / 100 * n$$

SUBSISTEMA TÉCNICO. INDICADORES TÉCNICOS DE LA EXPLOTACIÓN MINERA.

Un indicador es una medida de evaluación (comparación) de algo, en un proceso en el cual normalmente se utiliza alguna base de comparación o referencia para tal evaluación. El indicador como factor de medición, si se le entiende como la relación entre dos elementos, se convierte en un índice, que igualmente nos da una idea de la evolución positiva o negativa del proceso. En este orden de ideas, los indicadores aquí propuestos se basan en el rendimiento de la labor productiva de las pequeñas unidades de explotación minera que se pretenden evaluar. Para el cálculo de estos indicadores, es fundamental el uso de la información estadística relacionada con dicho proceso productivo.

Lo mas importante del uso de este tipo de indicadores es la utilización de términos comunes en su definición para un grupo de minas, una región o el país si es el caso, a fin de establecer una unidad de criterios que permita de manera fácil, la comparación de los mismos con los estándares existentes en el medio.

Los indicadores técnicos de la explotación minera se clasifican en dos grupos: De producción y rendimiento y de consumos unitarios. En las tablas 2 y 3 se presentan los indicadores propuestos para estos dos grupos respectivamente, su definición y unidades de medida.

Tabla 2. Indicadores de producción y rendimiento para una explotación minera. Caso minería aurífera de veta.

INDICADOR	DEFINICION	UNIDADES DE MEDIDA
1. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN MINA	Producción diaria de la operación minera en toneladas métricas secas. Se considera la operación de la mina en 300 días al año	t/d
2. CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN PLANTA	Cantidad de mineral en toneladas métricas secas que la planta de beneficio puede procesar diariamente. Se asume una operación anual de 300 días	t/d
3. PERSONAL EMPLEADO	Comprende todo el personal de la nómina incluyendo el personal ausente mas el personal de contratista	H
4. RENDIMIENTO DE PERSONAL EN MINA	Relación existente entre la capacidad de producción en mina, el personal empleado y el número de turnos de ocho (8) horas que la operación minera exige para cumplir las metas de producción	t/HT
5. RENDIMIENTO DE PERSONAL EN PLANTA DE BENEFICIO	Relación existente entre la capacidad de producción en planta, el personal empleado en planta y el número de turnos de ocho (8) horas que la operación minera exige para cumplir las metas de producción	t/HT
6. AVANCE REQUERIDO DE GALERIAS	Indica el avance necesario para la extracción de 1000 toneladas de mena. Incluye todo el avance de cruzadas, guías, inclinados (clavadas), etc. de exploración, desarrollo y preparación	m/1000t
7. RENDIMIENTO DE PERSONAL EN PERFORACION	Cantidad de metros perforados por trabajador durante un turno. Un turno comprende ocho (8) horas de trabajo.	m/HT
8. METROS DE PERFORACIÓN REQUERIDOS	Cantidad de metros perforados para dar a la planta una (1) tonelada de mineral	m/t
9. RENDIMIENTO DE AVANCE DE GALERIAS	Relación existente entre la avance de galerías, el personal empleado y el número de turnos de ocho (8) horas al mes, que la operación minera exige para cumplir las metas de producción	m/HT
10. AVANCE DE GALERIAS	Longitud de galerías avanzado en un mes de operación de la mina	m/mes
11. DISPONIBILIDAD DE LA PLANTA	Relación entre el tiempo real de operación de la planta y el tiempo teórico (planeado) de la misma	%
CONVENCIONES		
t: Toneladas	H: Hombre	T: Turno
d: Día	m: Metros	

Tabla 3. Indicadores de consumos unitarios para una explotación minera. Caso minería aurífera de veta.

INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	PROMEDIO DEL SECTOR ¹
1. CONSUMO UNITARIO DE ENERGIA ELECTRICA EN MINA	kWh/t	18.3
2. CONSUMO UNITARIO DE ENERGIA ELECTRICA EN PLANTA DE BENEFICIO		33.85
3. CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN SERVICIOS AUXILIARES		11.20
4. CONSUMO DE AIRE COMPRIMIDO	m ³ /t	245
5. CONSUMO DE EXLOSIVOS	g/t	480
6. CONSUMO DE ACERO EN PLANTA DE BENEFICIO	Kg/t	2.5
7. CONSUMO DE VARILLAS DE PERFORACION	Piezas/1000m	N.D
8. CONSUMO DE COMBUSTIBLE EN GENERACION DE ENERGIA	g/kWh	274
CONVENCIONES		
KWh: Kilovatio-hora	m ³ : Metros cúbicos	Kg: Kilogramos
t: Tonelada	g: Gramos	N.D: No disponible

SUBSISTEMA ECONÓMICO. ALGUNOS INDICADORES DE COSTOS UNITARIOS

Aunque los aspectos económicos en una explotación minera tienen un alcance mucho mas profundo, si se mira desde el punto de vista financiero para determinar su factibilidad y no tratándose de realizar una propuesta metodológica de evaluación técnica y económica de la explotación, como proyecto, se pretende en este punto dar a conocer algunos indicadores de costos para el sector de la pequeña minería aurífera, los mismos que han de servir para establecer las comparaciones pertinentes.

Los indicadores de costos unitarios a diferencia de los indicadores de consumos unitario suelen a veces ser mas ilustrativos si se tiene en cuenta que las características de calidad de los insumos mineros pueden diferir de una región a otra. Por esta razón, cuando se usan indicadores de consumos unitarios se debe tener cuidado de comparar materiales y productos no equivalentes.

Se clasifican los indicadores de costos en dos categorías: clases de costos y centros de costos. En la tabla 4 se presenta un resumen de los indicadores de costos de acuerdo con esta clasificación.

CENTROS DE COSTOS		CLASES DE COSTOS	
INDICADOR (Unidad: US\$ / t)	PROMEDIO DEL SECTOR	INDICADOR (Unidad: US\$ / t)	PROMEDIO DEL SECTOR
1. Exploración, desarrollo y preparación		1. Mano de Obra	
2. Explotación		2. Materiales e insumos	
3. Transporte mina-planta		3. Energía eléctrica	
4. Transporte planta – centro de consumo		4. Capital	
5. Costos generales en mina		5. Impuestos	
6. Costos generales en planta		6. Otros	
7. Costos de venta		7. Relación mano de obra / insumos / capital	
8. Costos de administración		8. Relación mano de obra / insumos	
9. Costos de regalías e impuestos		9. Costo básico por tarea trabajada	
10. Costos de capital		10. Cargas sociales por tarea trabajada	
11. Otros Costos			

CONCLUSIONES

- E Colombia, la elaboración de indicadores de sustentabilidad se encuentra en proceso y no existe una reglamentación precisa en este sentido. El Estado no ha propuesto el empleo de indicadores por cada sector, correspondiendo a las diferentes

industrias establecer sus propios indicadores a base de esfuerzos aislados.

- Es factible establecer un sistema de indicadores de sustentabilidad para la minería extractiva empleando criterios ambientales, técnicos, sociales y económicos, bajo un enfoque sistémico.
- Los indicadores de sustentabilidad son una herramienta fundamental de evaluación de los procesos productivos de la industria minera extractiva que permiten establecer estándares de calidad para explotaciones mineras de rangos de producción similares.
- Se debe propender por el establecimiento de un sistema unificado de indicadores de sustentabilidad de carácter regional, que recojan las normas que en este sentido se establecen independientemente en cada país

BIBLIOGRAFÍA

- Ministerio del Medio Ambiente y Empresa Nacional Minera – MINERCOL. **Guía Ambiental para Minería Subterránea de Carbón.** Bogotá D.C., 2001. Pág. 92.
- GTZ. **La Pequeña Minería en la Región de los Andes. Experiencia de un Decenio.** Eschborn, 1983. P17
- Instituto Tecnológico Geominero de España. **Evaluación y Corrección de Impactos Ambientales.** Madrid, 1992. 301 pp.
- Johansen Bertoglio. **Introducción a la Teoría General de Sistemas.** Ed. Limusa. México D.F. S.F. 164 pp