

## Fundamentos para construcción de Instrumento Ambiental para la Industria Minero-metalúrgica

### Fundamentals for the construction of an Environmental Instrument for the Mining and Metallurgy Industry

MARTÍNEZ-TORRES, Rosa Elia\*† & BEDNAREK, Mariusz

*Instituto Tecnológico de San Luis Potosí. Av. Tecnológico s/n, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. México.  
Universidad de Lodz, Polonia. Facultad de Ciencias Sociales*

ID 1<sup>er</sup> Autor: Rosa Elia, Martínez-Torres

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Mariusz, Bednarek

Recibido 13 de Marzo, 2018; Aceptado 22 de Mayo, 2018

#### Resumen

Se presentan las bases teóricas concentradas en una representación figurativa de elementos que fundamentarán la formalización de una propuesta para construir un instrumento de recogida de datos del tipo ambiental en la Industria Minero-Metalúrgica; con este, se propone realizar mediciones cuantitativas que además, estén alineadas con diversos organismos internacionales y nacionales, lo cuales se formalizan en la legislación del sistema vigente del país y foros internacionales de tratado del medio ambiente. Se utiliza una metodología descriptiva, de corte cuantitativo que permite detallar indicadores, factores y otros elementos, a partir de reflexiones que convergen entre la legislación y metas globales. La Gestión Ambiental, es la plataforma general del presente estudio, de la cual, se desprenden los diversos conceptos que se integran en formato de indicadores o elementos a describir para fundamentar teóricamente un instrumento de medición aplicable a la industria minero-metalúrgica.

**Gestión ambiental, Instrumento de medición, industria minero-metalúrgica**

#### Abstract

The theoretical bases are presented, concentrated in a figurative representation of elements that will base the formalization of a proposal to build an instrument of environmental data collection in the Mining-Metallurgical Industry; With this, it is proposed to perform quantitative measurements that are also aligned with various international and national organizations, which are formalized in the legislation of the country's current system and international environmental treaty forums. A descriptive methodology is used, of quantitative cut that allows to detail indicators, factors and other elements, from reflections that converge between the legislation and global goals. Environmental Management is the general platform of this study, from which the various concepts that are integrated in the format of indicators or elements to be described are derived to theoretically support a measurement instrument applicable to the mining-metallurgical industry.

**Environmental management, measuring instrument, mining-metallurgical industry**

**Citación:** MARTÍNEZ-TORRES, Rosa Elia & BEDNAREK, Mariusz. Fundamentos para construcción de Instrumento Ambiental para la Industria Minero-metalúrgica. Revista de Arquitectura y Diseño. 2018, 2-4: 10-18

\*Correspondencia al Autor (Correo Electrónico: m.rosaelia@gmail.com)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

La Minería es una actividad productiva determinante en la evolución de la historia mundial. Su importancia se expresa al igual que la industria de las telecomunicaciones, transporte y manufactura, ya que por generaciones ha representado transformaciones sociales y económicas trascendentales (Góngora, 2013). Se trata de una actividad integrada, dado que los recursos minerales extraídos, requieren una transformación industrial para ser utilizados, conociéndola entonces como Industria Minero-metalúrgica (Saavedra, 2007), que se concentra en la búsqueda de satisfacer necesidades cotidianas que han venido en aumento en el mundo.

La Industria Minero-metalúrgica representa un bastión económico importante para algunos países. En 2017, logra que 120 economías registren incrementos en inversión de capital extranjero, productividad, exportación y empleo; todos éstos, entendidos como factores fundamentales para el movimiento financiero continuo para los países involucrados en el sector minero (CAMIMEX, 2018).

Sin embargo, como en todos los sistemas complejos, la Industria Minero-metalúrgica también tiene claro-oscuros que no pueden soslayarse. Cuando se profundiza en cómo se ha movilizadado la industria en lo tecnológico surge el cuestionamiento sobre el impacto de este avance en el ámbito ambiental. Los efectos negativos del desarrollo industrial minero-metalúrgico se observan en la ecología y en las sociedades a las que su impacto afecta.

El daño ambiental que la Industria Minero-metalúrgica puede ocasionar, se refleja en contaminación de agua, suelo, aire, deterioro de recursos y ecosistemas, etc., ya que se liberan al medio ambiente volúmenes de residuos sólidos, líquidos y gases no tratados y que, además, no son considerados en los costos ambientales de producción (IIED/WBCSD, 2002).

Estos efectos negativos, varían según el tipo de mineral y de mina, ya que por su naturaleza implica explotación de recurso no renovable mediante procedimientos como trituración, molienda, lavado, lixiviado y clasificación de minerales, refinación y fundición (IIED/WBCSD, 2002).

Los problemas del tipo ambiental, debido a las malas prácticas que se han realizado, dentro del sector minero, son consecuencia de la inexistencia o falta de aplicación de lineamientos de regulación y legislación a través del tiempo, ya que se han identificado sitios contaminados con compuestos orgánicos e inorgánicos derivados de los procesos de explotación, extracción y el beneficio de minerales. (Volke, Velasco, 2002).

Se trata de espacios rurales, semi-urbanos y urbanos que han sido afectados, en suelo, aire y/o agua y, con ello el paulatino deterioro medio ambiental en el ecosistema, debido a prácticas carentes de sistemas de gestión que regulen el impacto que sus procesos industriales en materia minero-metalúrgica ocasionan.

Para poder obtener información sobre cómo las empresas del ramo industrial minero-metalúrgico dan cumplimiento operativo a la legislación vigente en materia de preservación ambiental, es necesario el diseño de un instrumento de valoración aplicable a empresas nacionales e internacionales sobre los acuerdos internacionales que hablan sobre ecología, conservación del medio ambiente y el desarrollo sustentable, procurando con ello, minimizar impactos de tipo social.

Por tanto, a partir de la medición de la efectividad de las actividades ambientales por parte de las empresas del sector, se puede obtener información importante para construir un modelo de Gestión Ambiental integral, que respete y cumpla con la legalidad de los países mineros y los señalamientos internacionales que operan a través de organismos que apuntan a la sustentabilidad y bienestar ambiental.

Este trabajo de investigación concentra los fundamentos teóricos para el diseño de indicadores, criterios y otros elementos necesarios, para la posterior construcción de un instrumento ambiental que mida la efectividad de las actividades de las empresas que pertenecen al sector Minero-metalúrgico; se delimita al considerar como objeto de estudio, la legislación de México, país históricamente minero y, que encabeza la lista de economías mundiales en este sector en particular.

## Justificación

La construcción de un instrumento de medición bajo una línea de investigación ambiental, persigue una búsqueda de sincronía en la legalidad de los países mineros, considerando para ello, la similitud o coincidencia o bien, divergencia de los indicadores identificados, además de estimar cómo estos pueden ser medidos, de forma tal que la información que se obtenga, repercuta en la generación de acciones y/o propuestas para remediar, minimizar o anular el efecto negativo o impacto del evento cuestionado.

Con la información obtenida a partir de la aplicación de un instrumento con base en indicadores ambientales, será posible conformar un Modelo de Gestión Ambiental apropiado y aplicable a los procesos industriales minero-metalúrgicos, para evitar severos e irreversibles impactos a los ecosistemas en donde las empresas industriales estén localizadas.

Para lograr este constructo, es necesario una plataforma basada en la revisión de la literatura especializada en materia de legislación ambiental del país objeto de estudio, a fin de identificar y diseñar los indicadores, factores y elementos necesarios. Además de lo anterior, la revisión de la literatura se extendió hacia Foros Mundiales que promueven acciones en función de la ecología, sustentabilidad y en general a la conservación y recuperación del medio ambiente.

Por lo que se consideraron las disposiciones de Organismos Internacionales en materia de sostenibilidad (ONU), de los cuales, se extrajeron elementos que se integran a los anteriormente identificados. El resultado esperado de este estudio es la base que permitirá la creación de un instrumento de medición que se utilizará en la búsqueda de la formalización de un trabajo de tesis doctoral.

## Enunciado formal del problema

Debido a la carencia de instrumentos de medición ambiental internacionales para el sector industrial minero-metalúrgico, los procesos industriales ocasionan efectos adversos al suelo, aire y agua en los ecosistemas en donde están localizadas las empresas.

## Objetivo General

Diseñar indicadores ambientales con fundamento en la literatura especializada en materia de Gestión Ambiental, sustentabilidad, conservación y recuperación del medio ambiente.

En un segundo momento, este diseño servirá para la construcción de un instrumento de medición para la preservación del medio ambiente dentro de los procesos de las empresas de la Industria Minero-metalúrgica con base en lineamientos y regulaciones internacionales y nacionales.

## Objetivos específicos

- Identificar los elementos teóricos en materia de Gestión Ambiental, sustentabilidad, conservación y preservación del medio ambiente.
- Diseñar indicadores ambientales vigentes en la legislación mexicana.
- Diseñar una matriz que contiene elementos identificados referentes a legislación ambiental de la Industria Minero-metalúrgica mexicana y acuerdos de foros internacionales.

## Marco Teórico

*Gestión Ambiental y programas internacionales.*

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA (2010), define los procesos productivos orientados en la mejora del ambiente como “economía verde” y, al conjunto de estos procesos manejados sistémicamente al incluir desarrollo sustentable y mitigación de problemas ambientales, logrando calidad de vida y bienestar económico-social, lo define como “Gestión Ambiental”, consiguiendo que se interprete como un mecanismo para conseguir desarrollo económico y humano con el uso racional de recursos naturales y protección del medio ambiente.

Aquellos procesos productivos de bienes y servicios que orientan sus resultados en la mejora y bienestar de la vida, al reducir riesgos al exterior, son considerados como estructura de la Gestión Ambiental, traduciéndose en rentabilidad económica, social y ambiental (Bozinovic, Donoso, Novoa, Simonetti, 2013).

MARTÍNEZ-TORRES, Rosa Elia & BEDNAREK, Mariusz. Fundamentos para construcción de Instrumento Ambiental para la Industria Minero-metalúrgica. Revista de Arquitectura y Diseño. 2018

La Gestión Ambiental promueve que los procesos productivos incluyan la realización de investigación básica y aplicada y desarrollo y, sean participativos, ya que se debe enfatizar en que es transversal a todos los sectores, y por lo tanto todos los procesos deben seguir el protocolo para generar beneficio económico produciendo limpiamente, con estrategias preventivas aplicadas a procesos, productos y servicios.

El desarrollo de Gestión Ambiental puede ser resumido en cinco niveles: (1) reacción ante el problema, (2) reglamentación, (3) optimización de procesos, (4) autoregulación y, (5) certificación ISO (Morales y Estrada, 2006).

En este marco conceptual, se encuentra el concepto de *Sustentabilidad*, cuya definición está propuesta por la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y Desarrollo (1987), entendida como el desarrollo que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las propias.

Sobre el fundamento del Desarrollo Sustentable, la *Responsabilidad Social y Ambiental*, promueve iniciativas empresariales que rebasan cumplimiento de leyes, normatividad y objetivos, procurando bienestar de trabajadores, respeto del medio ambiente y reducción de impactos; considera además, dimensiones sostenibles, sociales, económicas, tecnológicas y ambientales (Morales y Estrada, 2006).

Bajo este enfoque, gobiernos de todo el mundo se han unido para afrontar retos económicos, sociales y ambientales que proponen los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), los cuales surgen en el marco de un Congreso de la Naciones Unidas y son planteados en la "Agenda 2030", en donde se encuentran al menos seis que directamente obligan a prácticas para beneficio del medio ambiente: (1) agua limpia y saneamiento, (2) industria innovación e infraestructura, (3) ciudades y comunidades sostenibles, (4) producción y consumo responsables, (5) acción por el clima y, (6) vida de ecosistemas terrestres (Martínez y Rivera, 2017).

Para llevar a la acción los ODS, se llevaron a cabo diversas iniciativas, una de las más importantes fue la Global Reporting Initiative (GRI). La Guía GRI es utilizada por las empresas para la elaboración de memorias de sostenibilidad (Martínez y Rivera, 2017).

El Pacto Mundial, pronuncia diez principios universales, de los cuales, tres se refieren al medio ambiente: (1) Las empresas deberán mantener un enfoque preventivo que favorezca el medio ambiente. (2) Las empresas deben fomentar las iniciativas que promuevan una mayor responsabilidad ambiental y, (3)

Las empresas deben favorecer el desarrollo y la difusión de las tecnologías respetuosas con el medio ambiente (Martínez y Rivera, 2017).

#### *Legislación Ambiental en México*

Perez (2010), documenta que en México, el tema ambiental tiene sus orígenes en 1841, cuando se crea el Congreso de Salubridad del Departamento de México, además de un código sanitario; hacia 1917 se crea la Secretaría de Seguridad Pública y en 1943, la Secretaría y Asistencia, las cuales serían responsables de la Gestión Ambiental.

En 1971, nace la Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental, siendo el primer ordenamiento jurídico mexicano con disposiciones en materia de aire, agua y suelo; en 1972 surge la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, como dependencia de la Secretaría de Salubridad y Asistencia.

La política ambiental adquiere enfoque integral: hacia 1982 es creada la Ley Federal de Protección al Ambiente, en 1983 se crea la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, la cual entre sus alcances, consideraba la preservación de recursos contrarrestando efectos de concentraciones industriales, lo que generó una estructura que contaba con una Subsecretaría y cuatro Direcciones en 1985. Estos esfuerzos se fortalecen con la creación de la Comisión Nacional de Ecología, la cual desglosa además, la Subsecretaría de Ecología y el Programa Nacional de Ecología.

Hacia 1988, nace la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, considerada como la base de la política ambiental del país.

En 1989, nace la Comisión Nacional del Agua, en 1992 la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología se convierte en Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL), se crea además, el Instituto Nacional de Ecología (INE), siendo este último, enfocado en información científica acerca de los problemas ambientales; se crea también la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), quien funge como responsable de la procuración de justicia ambiental.

A partir de la década de 1990, el enfoque de la política ambiental tiene un giro hacia el Desarrollo Sustentable, en el cual se gesta una integración de objetivos económicos, sociales y ambientales.

En 1995 se crea la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca y el Programa de Medio Ambiente. A inicios del año 2000, cambia la Ley de la Administración Pública Federal y da origen a la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y al Programa Nacional del Medio Ambiente y Recursos Naturales, los cuales adoptaron un diseño institucional y estructura en la que se establece la política ambiental como Política de Estado.

### *Impactos Ambientales de la Industria Minero-metalúrgica*

La Ley Minera, por medio de sus organismos reguladores, evalúa los *impactos ambientales*, definidos como modificaciones ocasionadas por la intervención del hombre en la naturaleza, pudiendo ocasionar desequilibrio ecológico.

Para ello, se auxilia de aprobaciones que se requieren para llevar a cabo un proyecto minero-metalúrgico, tal es el caso del *Manifiesto de Impacto Ambiental* (MIA), el cual representa una guía para que se elabore un documento detallado, el cual deben presentar ante los organismos reguladores (SEMARNAT 2002, citado en Martínez y Rivera, 2018).

En este documento, se dan a conocer con base en estudios, el impacto ambiental, significativo y potencial que generaría una obra o actividad, así como la forma de evitarlo o minimizarlo en caso de que este sea negativo, garantizando que por operación económica, no generarán desequilibrio ecológico y por ende, daños ambientales permanentes o irreversibles (SEMARNAT 2002, citado en Martínez y Rivera, 2018).

Al MIA lo conforman ocho apartados, los cuales contienen según la etapa del proyecto (exploración, explotación, beneficio, remediación y cierre).

Criterios que habrán de ser descritos y valuados conforme han determinado los organismos encargados (SEMARNAT 2002, citado en Martínez y Rivera, 2018).

### **Metodología**

Esta metodología tiene un enfoque cualitativo, utilizando como técnica de producción de datos el Análisis de Documentos (Sutu, Boniolo, Dalle y Elbert, 2005).

Se construye un reporte del tipo descriptivo, en el cual se pretende, detectar o identificar palabras clave, planteamiento, teorías, hipótesis, variables y definiciones que se relacionen con un planteamiento dado (Hernández, 2014).

La estrategia metodológica es bibliográfica (Sutu, Boniolo, Dalle y Elbert, 2005), iniciando el reporte con concepciones generales acerca de la Gestión Ambiental y la legislación de los países objetos de estudio, para concluir en la construcción de una representación figurativa de lo que se percibe de éstas y, que se utilizará como guía en el proceso de conocer los factores y demás elementos que intervienen al respecto de las prácticas ambientales (Sutu, Boniolo, Dalle y Elbert, 2005).

Esta representación, contiene la descripción de las principales categorías analíticas que permiten comparar, complementar o hacer énfasis de la falta de aquellos factores y otros elementos que se identifican y, son la base de estas descripciones.

## Etapas para la construcción de la representación figurativa

Para lograr cumplir con el objetivo, se planearon etapas que sirvieron como guía. Estas etapas se resumen en tres para efectos prácticos de divulgación:

1. Conceptualización de Gestión Ambiental aplicado al sector minero-metalúrgico.
  - a. Identificación de elementos de Gestión Ambiental a evaluar en el sector minero-metalúrgico.
2. Descripción general de legislación ambiental en el ámbito minero de México
  - a. Identificación de criterios e indicadores de las prácticas ambientales de México a partir del estudio de la legislación.
3. Construcción de representación figurativa de elementos descriptivos para fundamentar bases para posterior investigación.

## Resultados

### *Etapas 1. Conceptualización de Gestión Ambiental aplicado al sector minero-metalúrgico*

A partir de la teoría de Gestión Ambiental, se considera para la Industria Minero-metalúrgica, una definición práctica, considerando a PNUMA como base; para efecto de la línea de investigación que se persigue, se considera la siguiente:

*“Gestión Ambiental, mecanismo que orienta los resultados de los procesos productivos de bienes y servicios para conseguir desarrollo económico y humano con el uso racional de recursos naturales y protección del medio ambiente, consiguiendo además, que sus resultados estén orientados a la mejora y bienestar de la vida, reduciendo, minimizando o eliminando riesgos al exterior”.*

En cuanto a la identificación de elementos importantes que influyen en la gestión y en su seguimiento y evaluación, se consideran seis puntos de 17 totales, que emanan de los ODS, considerando que las empresas del sector deben estar inmersas en la Responsabilidad Social y Sustentabilidad, y a los cuales, en lo sucesivo, se reconocerán como *criterios*:

1. Agua limpia y saneamiento
2. Industria innovación e infraestructura
3. Ciudades y comunidades sostenibles
4. Producción y consumo responsables
5. Acción por el clima
6. Vida de ecosistemas terrestres

Para considerarlos dentro del fundamento para construcción de un instrumento de medición, se describen metas de cada uno, con una orientación hacia el sector del estudio; este trabajo se ha concentrado en la tabla 1, expuesta a continuación:

Criterios internacionales de Medio Ambiente Metas que aplican al sector minero-metalúrgico	
Agua Limpia y saneamiento	Mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos.
	Reducir a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar.
	Aumentar el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial
	Proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos
Industria, innovación e infraestructura	Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento
	Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, para apoyar el desarrollo económico y el bienestar humano.
	Promover una industrialización inclusiva y sostenible
	Modernizar la infraestructura y reconvertir las industrias para que sean sostenibles, utilizando los recursos con mayor eficacia y promoviendo la adopción de tecnologías y procesos industriales limpios y ambientalmente racionales.
Ciudades y comunidades sostenibles	Aumentar la investigación científica y mejorar la capacidad tecnológica de los sectores industriales.
	Proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos.
	Aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos.
	Redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural del mundo.
	Reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo.
	Proporcionar acceso universal a zonas verdes y espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles.
	Apoyar los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales fortaleciendo la planificación del desarrollo nacional y regional.
Aumentar el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan e implementan políticas y planes integrados para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la mitigación del cambio climático y la adaptación a éste.	

Producción y consumo responsables	Lograr la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales.
	Lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida y reducir su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente.
	Reducir considerablemente la generación de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización.
	Alentar a las grandes empresas y transnacionales, a que adopten prácticas sostenibles e incorporen información sobre la sostenibilidad en su ciclo de presentación de informes.
	Promover prácticas de adquisición pública que sean sostenibles, de conformidad con las políticas y prioridades nacionales.
	Asegurar que las personas tengan la información y los conocimientos pertinentes para el desarrollo sostenible y los estilos de vida en armonía con la naturaleza.
	Elaborar y aplicar instrumentos para vigilar los efectos en el desarrollo sostenible.
Acción por el clima	Incorporar medidas relativas al cambio climático en las políticas, estrategias y planes nacionales.
	Mejorar la educación, la sensibilización y la capacidad humana e institucional respecto de la mitigación del cambio climático, la adaptación a él, la reducción de sus efectos y la alerta temprana.
	Promover mecanismos para aumentar la capacidad para la planificación y gestión eficaces en relación con el cambio climático.
Vida de ecosistemas terrestres	Asegurar la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce y sus servicios, en particular los bosques, los humedales, las montañas y las zonas áridas.
	Promover la puesta en práctica de la gestión sostenible de todos los tipos de bosques, detener la deforestación, recuperar los bosques degradados y aumentar considerablemente la forestación y la reforestación.
	Luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluidas las tierras afectadas por desertificación, la sequía y las inundaciones, y procurar lograr un mundo con efecto neutro en la degradación del suelo.
	Adoptar medidas urgentes y significativas para reducir la degradación de los hábitats naturales, detener la pérdida de biodiversidad y proteger las especies amenazadas y evitar su extinción.
	Integrar los valores de los ecosistemas y la biodiversidad en la planificación, los procesos de desarrollo, las estrategias de reducción de la pobreza y la contabilidad.
	Movilizar y aumentar significativamente los recursos financieros procedentes de todas las fuentes para conservar y utilizar de forma sostenible la biodiversidad y los ecosistemas.
	Movilizar recursos considerables de todas las fuentes y a todos los niveles para financiar la gestión forestal sostenible.

**Tabla 1** Criterios de Gestión Ambiental seleccionados para la Industria Minero-metalúrgica

Fuente: *Elaboración propia con base en los ODS*

## Etapa 2. Descripción general de legislación ambiental en el ámbito minero en México

Por su parte, el análisis de literatura referente a la legislación ambiental en los dos países objeto de estudio, canaliza el aspecto ambiental en la mitigación de impactos, siendo documentos del tipo informe, los que las empresas del sector están obligadas a presentar a los organismos adecuados, para su evaluación y seguimiento en la práctica o vida operativa. Para efectos de este estudio, dentro del marco legislativo de México, la base de identificación de indicadores son los Manifiestos de Impacto Ambiental (MIA).

Los MIA, involucran estudios técnicos, que dan origen al documento, el cual describe detalladamente las condiciones ambientales anteriores a la realización de cualquier proyecto minero, cubriendo las cuatro estaciones del año, con el fin de evaluar impactos potenciales en flora, fauna y medio ambiente, así mismo, se describen las propuestas de las medidas necesarias para prevenir, mitigar o compensar dichas alteraciones (SEMARNAT 2013, citado en Martínez, 2018); este documento es regulado por la Procuraduría Federal de Protección al Medio Ambiente (PROFEPA). A manera de ejemplo, se muestran a continuación (tabla 2), un conjunto de indicadores emanados de un criterio considerado por el MIA: *Construcción de obras mineras*. Se elige exponer este criterio, ya que aborda tres fases básicas de la operatividad de las empresas del sector minero-metalúrgico: Explotación, Exploración y Beneficio de minerales.

Construcción de Obras Mineras	
Exploración	Número de barrenaciones, tipo y dimensiones.
	Dimensiones, número de planillas de barrenación y volumen de material a remover.
	Dimensiones, números de zanjas y material a remover.
	Dimensiones, número de catas o pozos y material a remover.
Explotación	Número de sistemas de ventilación, número y tipo de obra (pozo, contrapozo) y volumen de material a remover.
	Número y tipo de obra (rampa, tiro, socavón) para acceso a niveles subterráneos, dimensiones y volumen a remover.
	Altura de cada nivel, subnivel, y volumen de material a remover.
	Número, dimensiones de rampas de acceso a bancos (minas de cielo abierto) y volumen de material a remover.
	Número de tajos, profundidad y área, ángulos de taludes, altura y volumen de material a remover.
	Polvorines: tipo de explosivo, cantidad a almacenar.
	Dimensiones de depósitos superficiales de tepetate, terreros y suelo fértil, volúmenes a almacenar, sistema de estabilización de taludes; perfil de los sitios de depósito.
	Tipo de transporte de mineral (banda, camiones de acarreo), capacidad, distancia, rutas.
	Sitios subterráneos de mantenimiento, abastecimiento y servicios.
Beneficio	Tipo de equipo de trituración y molienda, instalaciones, capacidad, superficie a ocupar.
	Tipo de equipo de beneficio de minerales, instalaciones, capacidad, superficie a ocupar.
	Tipo de equipo de laboratorio, instalaciones, insumos, superficie a ocupar.
	Patios de lixiviación, capacidad, sistema de impermeabilización, ingeniería, ubicación, recubrimiento.
	Piletas de solución pobre, dimensión, capacidad y sistema de impermeabilización.
	Piletas de solución rica (con valores), dimensión, capacidad y sistema de impermeabilización.
	Piletas de demasías, dimensión, capacidad y sistema de impermeabilización.
	Presas de jales, dimensión, actividades de preparación del sitio para disminuir infiltraciones.
Sistema de conducción de soluciones de proceso y jales, longitud de líneas de conducción, acequias de contingencia y sistema de bombeo de jales y agua.	

**Tabla 2** Esquema de indicadores identificados, para el criterio del MIA: Construcción de Obra Minera

Fuente: *Elaboración propia con base en MIA*

### Etapa 3. Construcción de representación figurativa de elementos descriptivos

En la última etapa de este estudio, se concentra la información obtenida del análisis literario realizado, y se presenta en un esquema de relación (tabla 3), para su fácil uso y manejo en estudios posteriores y un esquema de relación que muestra los indicadores que impacta cada criterio (Tabla 4):

#### Criterios internacionales.

1. Agua limpia y saneamiento - ALS
2. Industria innovación e infraestructura - III
3. Ciudades y comunidades sostenibles - CCS
4. Producción y consumo responsables - PCR
5. Acción por el clima - AC
6. Vida de ecosistemas terrestres – VET

	Exploración	Explotación	Beneficio
ALS	Pozos, zanjias, cauces de río.	Uso para procesos de obra minera. Localización de mineral en zona acuífera.	Uso en procesos. La cantidad y los insumos pueden ser abismales.
III	Paisaje.	Daño por uso de explosivo: erosión, desmoronamiento	Paisaje y cuidado de suelo (jales)
CCS	No aplica	Re-uso de tepetate, terreros, remediación de suelo.	Remediación de suelo, tratamiento de agua.
PCR	Cantidad	Diseño de minas. Uso de explosivos	Insumos, sistemas de impermeabilización ventilación.
AC	No aplica	Diseño de minas, uso de explosivos, diseño de jales	Remediación de suelo, tratamiento agua.
VET	Protección fauna y flora.	Diseño de minas: cielo abierto, subterráneas. Uso explosivo	Uso de insumos, remediaciones, tratamientos de agua.

**Tabla 3** Representación de criterios en relación con indicadores de MIA: Construcción de Obra Minera  
Fuente: Elaboración propia

#### Indicadores extraídos del MIA.

Número -	N	Volumen –	V
Dimensión –	D	Capacidad -	C
Profundidad –	P	Actividades –	Ac
Área –	A	Insumos -	I
Ángulo –	An	Impermeabilización –	Im

	Exploración	Explotación	Beneficio
ALS	N D P	N V P Ac C I	A C P Im I Ac
III	N V P	P I A V N D Ac An	N Im Ac D C P I V
CCS	No aplica	N I Ac P V	N An D Ac P Im
PCR	N I	N V C Ac D I	N Ac D I V Im
AC	N P D	N Ac D I V C	N V Ac D C Im P I A
VET	N P D	N Ac C D I A P V An	N Ac V D I A P C Im

**Tabla 4** Representación de indicadores de MIA: Construcción de Obra Minera  
Fuente: Elaboración propia

#### Conclusiones

Los esfuerzos para lograr efectuar el plan de sustentabilidad dentro de la industria minera se han expandido con base en balances entre los impactos generados por explotación y extracción de recursos y, la manera ardua en que se procura formar nuevas áreas naturales y bienestar social y económico. De esta manera, la industria minera, proporciona alternativas de solución no solo en la gestión económica, sino que prevé los elementos ambientales y sociales para distribuir las utilidades y, tener la capacidad financiera de invertirlo en programas que fomenten y construyan un bienestar para todos.

Se concluye de este estudio, que existen elementos fundamentales que deben influir directamente en los planes estratégicos de las empresas del sector minero-metalúrgico, con la finalidad de dar seguimiento y evaluar puntualmente especificaciones de la legislación y de los acuerdos mundiales.

La construcción de un instrumento de medición promueve una cultura para la adjudicación de elementos confiables, validados para realizar investigación y para avalar resultados cuantitativos derivados de observaciones cotidianas. El fundamento que este estudio brinda se convierte en un parámetro de información confiable para el objetivo.

**Referencias**

Bozinovic F., Donoso, E., Novoa, F., Simonetti, J., (2013). Innovación en la gestión ambiental: Innovación basada en conocimiento científico. Chile: Academia Chilena de Ciencias.

CAMIMEX, (2018). Situación de la Minería en México. Informe anual.

CEPAL (2018). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. ONU.

Góngora, J., (2013). Evolución reciente de la minería en México. Com. Exterior: México.

SEMARNAT (2002). Guía para la presentación de la Manifestación de Impacto Ambiental Minero. SEMARNAT: México.

Guia\_ODS\_ PM\_20170215 (2017). Foro político de alto nivel naciones Unidas: [http://www.pactomundial.org/wp-content/uploads/2017/02/Guia\\_ODS\\_PM\\_20170215\\_web.pdf](http://www.pactomundial.org/wp-content/uploads/2017/02/Guia_ODS_PM_20170215_web.pdf).

Hernández, R., (2014). Metodología de la Investigación, 6ta Edición. McGrawHill: México.

IIED/WBCSD, (2002). Informe final del proyecto del Proyecto de Minería, Minerales y Desarrollo Sostenible. IIED.

Martínez R.E., y Rivera, P., (2017). Articulación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Legislación Ambiental en la Industria Minera. REMINEO: México.

Martínez R.E., y Rivera, P., (2018). Firmy rodzinne-zarzadzanie, rozwój, przedsiebiorczosc. Tom XIX, Czesc III, ss 439-453. Wydawnictwo SAN: Polonia.

Morales, E., Estrada, R., (2006). Iniciativas voluntarias para la responsabilidad Ambiental Corporativa en la Industria química. Administración y Organizaciones. Recuperado el 15 de septiembre de 2017 de <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=ea572cbd-c648-4086-8e267d0d996f6c36%40sessionmgr4009>

Pérez, J., (2010). La política ambiental en México: Gestión e instrumentos económicos. El Cotidiano 162. Revista de la Realidad Mexicana. UAM: México.

PNUMA (2010). Avances y progresos científicos en nuestro cambiante medio ambiente. Programa de Naciones Unidas para el medio ambiente. 80 pp.

Saavedra, E. y Sánchez, M., (2007). Minería y espacio en el Distrito minero Pachuca-Real del Monte en el siglo XIX.

Sutu, R., Boniolo, P., Dalle, P., y Elbert, R. (2005). Manual de Metodología. CLACSO: Argentina.

Volke, T., Velasco J., (2002). Tecnologías de remediación para suelos contaminados. México: INE-SEMARNAT