

# Indicadores ambientales en una minería sostenible

## Environmental indicators in a sustainable mining

Joel H. Díaz Lazo <sup>1</sup>

Recibido: Enero 2019 - Aprobado: Junio 2019

### RESUMEN

La industria minera en el Perú tiene muchas obligaciones legales, incluso más que cualquier otra industria, por lo que es necesario gestionar y mitigar los posibles impactos ambientales negativos que pueden ocurrir en el área de influencia minera, tanto indirecta como directa. La industria minera debe cuantificar, calificar e interpretar su desempeño en la sustentabilidad y, al mismo tiempo, debe demostrar sus mejoras continuas a corto y largo plazo.

El objetivo de este artículo es la aplicación de los indicadores ambientales en el Sistema de Gestión Ambiental de la unidad minera Atacocha (actualmente administrado por el Grupo Nexa), que se estableció como área de estudio. Esto permitirá a los investigadores tener una visión general, aunque limitada, del rendimiento de su Sistema de Gestión Ambiental (Araujo, 2005).

De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye que el uso de Indicadores de Gestión Ambiental contribuyen en la evaluación de la gestión y calidad ambiental en proyectos mineros sostenibles. Con estas herramientas, se podrían tomar decisiones para dirigir el proyecto hacia un nuevo paradigma de desarrollo sostenible.

**Palabras clave:** Minería sostenible; Minería peruana; Indicadores.

### ABSTRACT

Mining industry in Peru has a lot of regulatory requirements, even more than any other industry, that is why it is necessary to manage all the possible negative environmental impacts that can occur in the mining area of influence, both indirect and direct. Mining industry must be able to quantify, qualify and interpret its sustainability performance, and simultaneously, it must demonstrate its continuous improvements in the short and long term.

This study aims to apply environmental indicators in the Environmental Management System of Atacocha Mining Unit (currently Nexa Mining Unit), which has been established as the study area. This would allow the researchers to have an overview, although limited, of the performance of its Environmental Management System.

According to the results obtained, we could conclude that the use of Environmental Management Indicators contributes in the assessment of the environmental management and quality in sustainable mining projects. With these tools, we could take the project towards a new paradigm of sustainable development.

**Keywords:** Sustainable Mining; Peruvian Mining; Indicators.

<sup>1</sup> Doctorando. Egresado de la Unidad de Posgrado, Facultad de Ingeniería Geología, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. E-mail: joeldiazlazo@gmail.com

## I. INTRODUCCIÓN

En el ámbito ambiental existen diferentes tipos de indicadores, según la orientación y el alcance del estudio. Se puede definir los siguientes tipos de indicadores: biofísicos, ambientales, de sostenibilidad ambiental y los indicadores de desarrollo sostenible.

Los indicadores ambientales surgen como una alternativa para alcanzar el mejoramiento de la eficiencia en el cumplimiento de la normatividad actual y compromisos ambientales.

En el presente artículo se identificaron los indicadores de evaluación de desempeño ambiental, los cuales son trece indicadores de rendimiento, cinco (5) son de resultados y ocho (8) de sostenibilidad.

El problema tratado, es la deficiencia del Sistema de Gestión Ambiental en las unidades mineras, producto de la falta de indicadores ambientales que reflejen el nivel de eficiencia.

El artículo tiene como objetivo aplicar los indicadores de evaluación de desempeño ambiental, estableciendo a la unidad minera Atacocha como la zona de estudio. La unidad minera se encuentra ubicado en el departamento de Pasco y provincia de Pasco.

Desarrollaremos seis tipos de indicadores de rendimiento (dos indicadores de resultados: residuos sólidos, avisos de infracción y cuatro indicadores de sostenibilidad: consumo de agua, residuos sólidos, ocurrencias ambientales) los cuales pueden servir de referencia para otras unidades mineras en sus sistemas de gestión ambiental (Ortiz et al., 2015).

## II. METODOLOGÍA

Se escogió la ISO 14031 como guía para el planteamiento de indicadores y realizar una evaluación del desempeño

ambiental de su Sistema de Gestión Ambiental (SGA) del año 2008, de manera que se proyecte hacia una minería sostenible (Norma ISO, 1999).

Se consideraron tres fases: recolección de información, elección de indicadores del SGA en base a la data, y análisis de los resultados obtenidos al medir los indicadores (Suárez, 2003).

La información referido al SGA de la unidad minera Atacocha, se obtuvo de la Tesis de Maestría del Ingeniero Joel Díaz Lazo en el año 2010, con el tema “Indicadores de desempeño ambiental en la mediana minería caso unidad minera Atacocha” (Figura 1), desarrollado en la sección de Pos Grado de la Universidad Nacional de Ingeniería (Díaz, 2010).

La información sirvió para decidir que indicadores se utilizaría, en base a la ISO 14031

### 2.1. Indicadores de resultados

#### 2.1.1. Residuos sólidos no aprovechables

$$\text{Indicador: } \frac{\text{Residuos no aprovechables en el mes (kg)}}{\text{Producción total mensual de residuos (kg)}}$$

#### 2.1.2. Aviso de infracción

$$\text{Indicador: } \frac{\# \text{ de observaciones absueltas}}{\# \text{ de observaciones realizadas por el ente fiscalizador}}$$

#### 2.1.3. Emisiones atmosféricas

$$\text{Indicador: } \frac{\text{concentración de contaminante}}{\text{estándar de calidad de aire del contaminante}}$$

### 2.2. Indicadores de sostenibilidad

#### 2.2.1. Consumo de agua

$$\text{Indicador: } \frac{\text{Consumo real de agua en el mes (m}^3\text{)}}{\text{Permiso de consumo de agua en el mes (m}^3\text{)}}$$



Figura N° 1. Elección de indicadores para evaluar el desempeño del SGA de la unidad minera Atacocha – 2008. Fuente: Elaboración propia con el programa Goconqr”.

2.2.2. Residuos sólidos aprovechables

Indicador:  $\frac{\text{Residuos aprovechables en el mes (kg)}}{\text{Producción total mensual de residuos (kg)}}$

2.2.3. Tratamiento de efluentes líquidos

Indicador = Eficiencia de remoción de contaminantes en efluentes >eficiencia óptima

2.2.4. Ocurrencias ambientales

Indicador = Número de incidencias ambientales  
Indicador: Número de accidentes ambientales

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Indicador de resultado

3.1.1. Residuos sólidos no aprovechables

Según la Figura 2, la máxima generación de residuos sólidos orgánicos no aprovechables se dio en junio (3200 kg, 0.64 valor de indicador); la mínima, en octubre (1750 kg, 0.67 valor de indicador); y un promedio mensual de 2421 kg.

En la Figura 3, sobre residuos sólidos inorgánicos no aprovechables, se muestra que la máxima generación se dio en junio (900 kg, 0.90 valor de indicador); la mínima, en octubre (470 kg, 0.88 valor de indicador); y un promedio mensual de 658 kg.

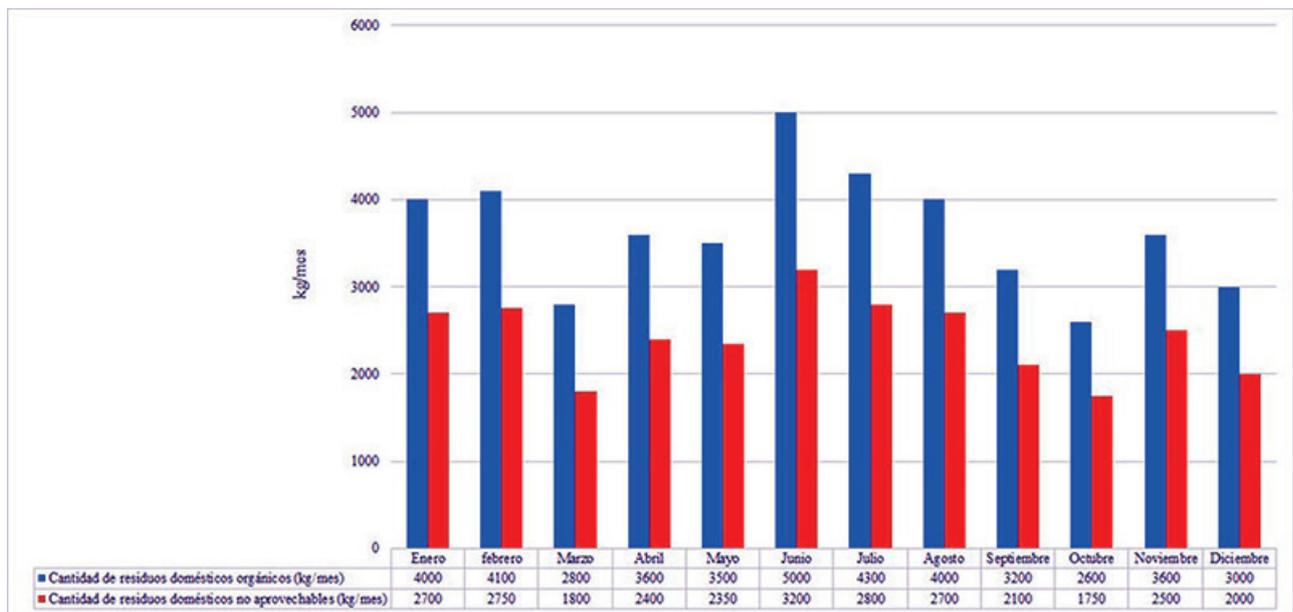


Figura N° 2. Cantidad de residuos sólidos orgánicos no aprovechables.

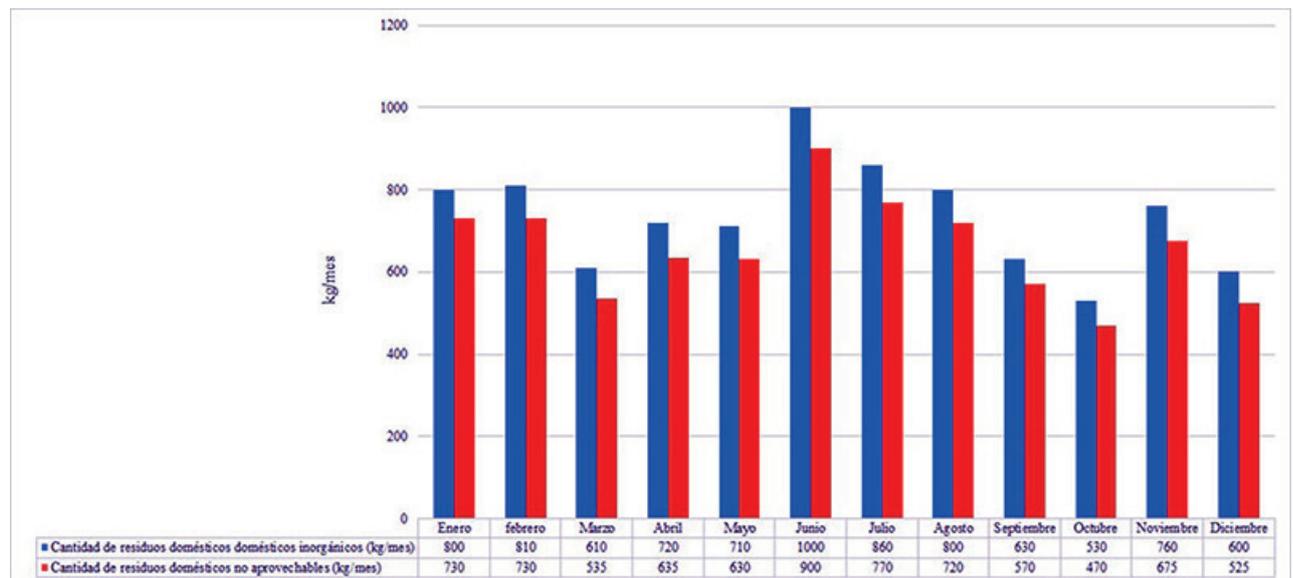


Figura N° 3. Cantidad de residuos sólidos inorgánicos no aprovechables.

Se muestra en la Figura 4 que la máxima generación de residuos industriales metálicos se dio en junio (1000 kg); la menor, en marzo (380 kg); y un promedio mensual de 678 kg. La máxima generación de residuos industriales inflamables se dio en junio (680 kg); la mínima, en marzo (240 kg); y un promedio mensual de 509 kg. La máxima generación de residuos industriales peligrosos se dio en junio (680 kg); la mínima, en marzo (60 kg); y un promedio mensual de 103 kg.

### 3.1.2. Avisos de infracción

Según la Figura 5, se realizó, por parte de la Autoridad fiscalizadora un mayor número de observaciones (25)

en el área de medio ambiente, de las cuales se absolvió unas 20 (80%); sin embargo, el área de almacén realizó el mayor cumplimiento de observaciones (5) en términos porcentuales (100%).

### 3.1.3. Emisiones atmosféricas

En los resultados de los monitoreos cuatrimestrales realizados por la unidad minera Atacocha (Figura 6), se tiene que las concentraciones de material particulado menores a 10 micras (PM10) no superó, en los tres (3) muestreos, la concentración de 150 ug/m<sup>3</sup>, estándar de calidad de aire para este parámetro establecido por el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM.

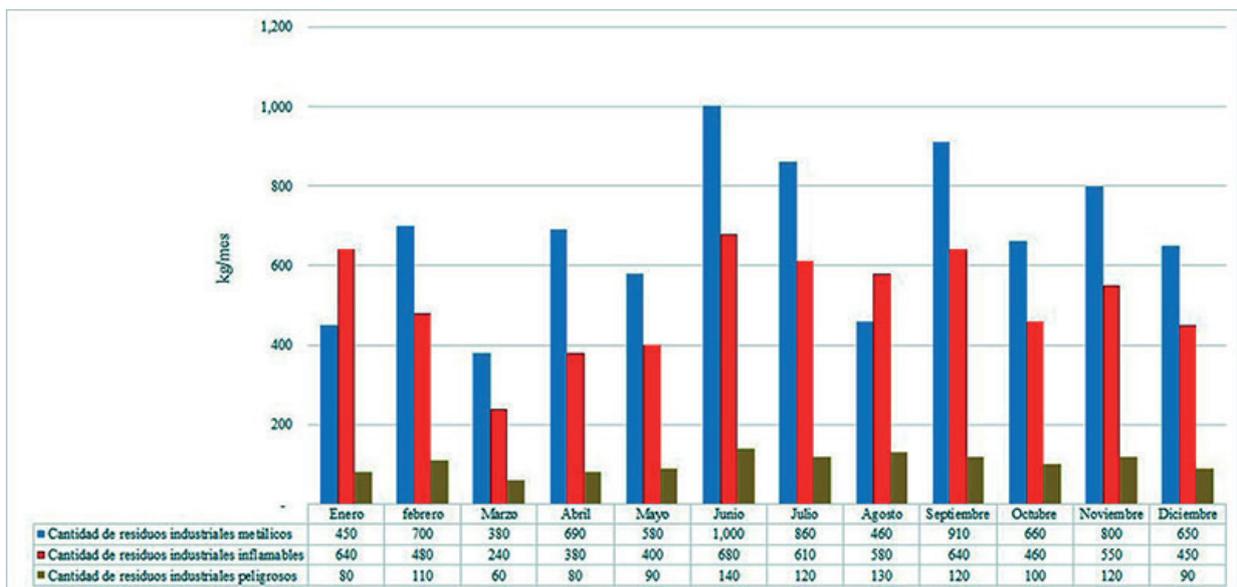


Figura N° 4. Cantidad de residuos sólidos industriales.

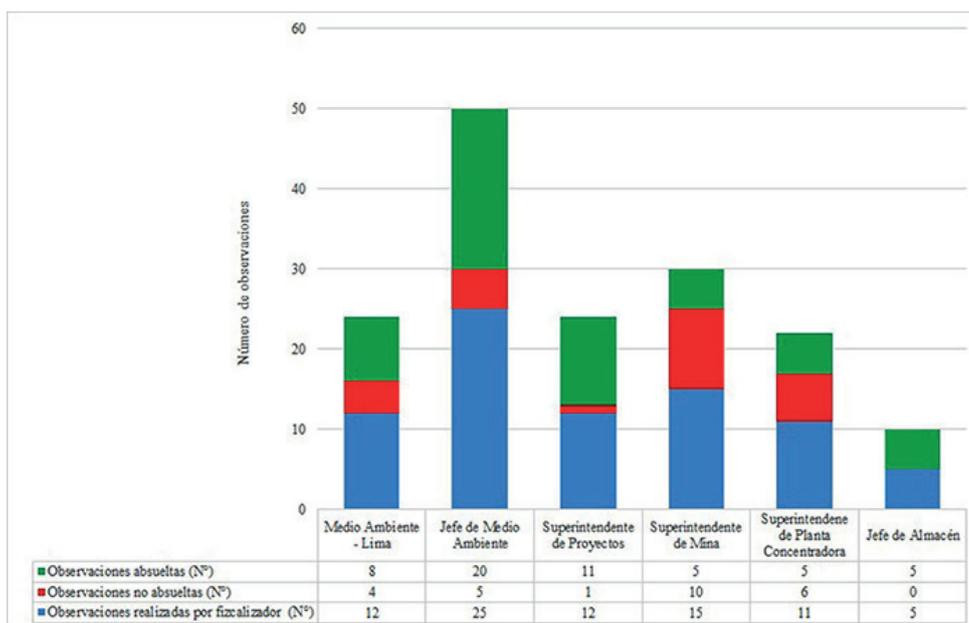


Figura N° 5. Cantidad de observaciones que realizó el ente fiscalizador y su cumplimiento en diferentes áreas administrativas y operacionales.

### 3.2. Indicador de sostenibilidad

#### 3.2.1. Consumo de agua

Respecto al uso de agua en los procesos industriales (Figura 7); el máximo consumo se dio en noviembre (4985 m<sup>3</sup>, 0.76 valor del indicador); el mínimo, en mayo (1863 m<sup>3</sup>, 0.77 valor del indicador); y un promedio mensual de 3743 m<sup>3</sup>.

En cuanto al uso de agua en el campamento y de las oficinas administrativas (Figura 8); el máximo consumo se dio en agosto (891 m<sup>3</sup>, 1.11 valor del indicador); el mínimo, en abril (580 m<sup>3</sup>, 0.73 valor del indicador); y un promedio mensual de 753 m<sup>3</sup>.

Para el uso de agua para el riego de accesos y revegetación (Figura 9); el máximo consumo se dio en agosto (4256 m<sup>3</sup>, 0.95 valor del indicador); el mínimo, en mayo (1200 m<sup>3</sup>, 0.80 valor del indicador); y un promedio mensual de 2562 m<sup>3</sup>.

Respecto al valor del indicador en los tres (3) usos de agua en la unidad minera de Atacocha; el valor máximo

se obtuvo en el uso de agua para riego de accesos y revegetación en diciembre (1.24); y el valor mínimo, en el uso de agua para el campamento y oficinas administrativas en enero (0.71).

#### 3.2.2. Residuos sólidos aprovechables

A partir de la figura sobre residuos sólidos orgánicos aprovechables o reciclables (Figura 10); la máxima generación se dio en junio (1800 kg, 0.36 valor de indicador); la mínima, en octubre (850 kg, 0.33 valor de indicador); y un promedio mensual de 1221 kg.

En la figura sobre residuos sólidos inorgánicos aprovechables o reciclables (Figura 11); la máxima generación se dio en junio (100 kg, 0.10 valor de indicador); la mínima, en octubre (60 kg, 0.10 valor de indicador); y un promedio mensual de 78 kg.

#### 3.2.3. Tratamiento de efluentes líquidos

En la Figura 12 se demuestra que la máxima eficiencia en aceites y grasas se dio en enero (90.00 % > eficiencia

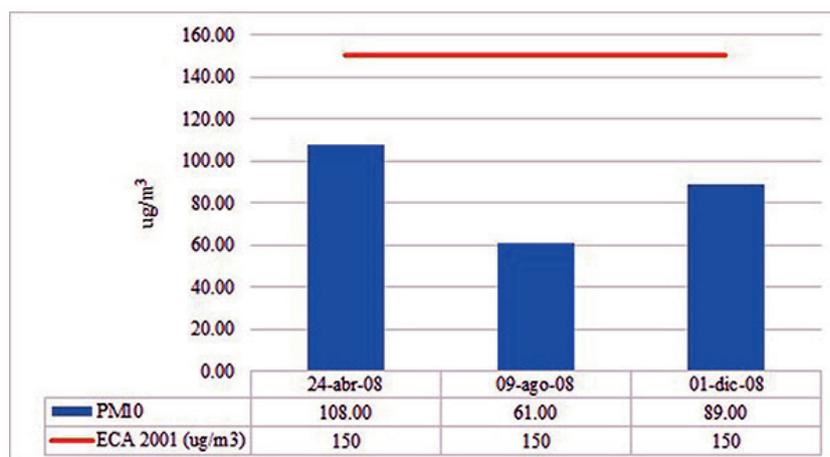


Figura N° 6. Concentraciones de material particulado (PM10) muestreadas en el punto de monitoreo ubicada en el campamento de la unidad minera Atacocha durante 2008.

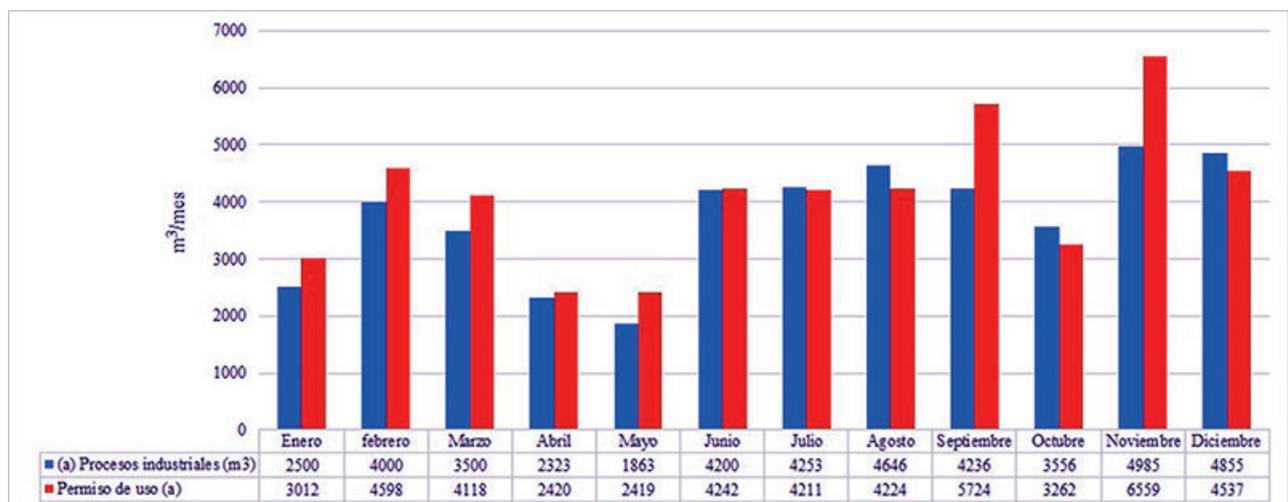


Figura N° 7. Permiso de captación y uso real de agua para procesos industriales.

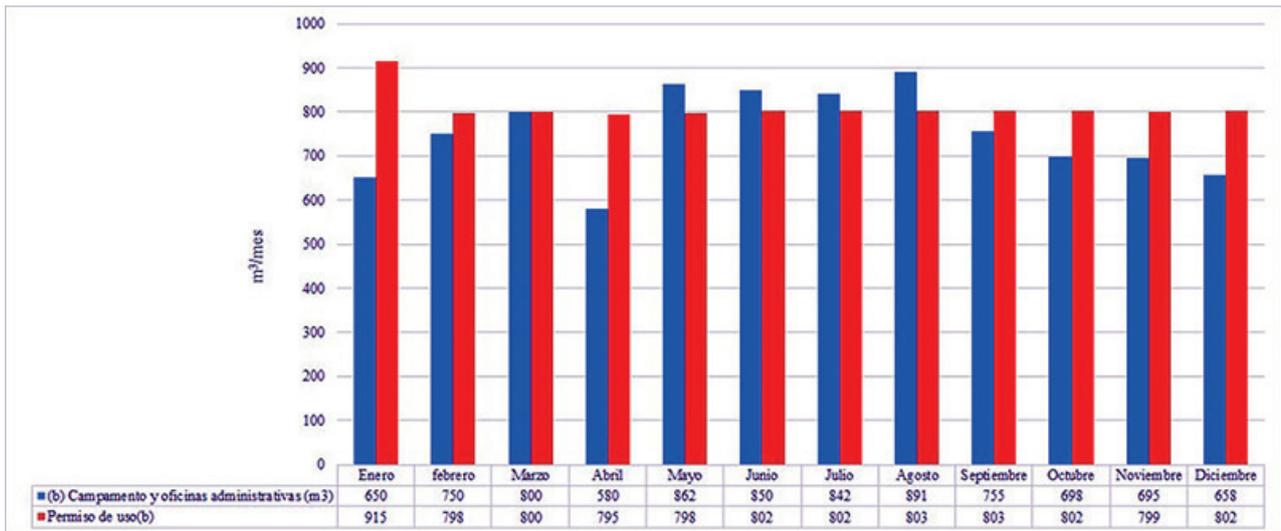


Figura N° 8. Permiso de captación y uso real de agua para el campamento y oficinas.

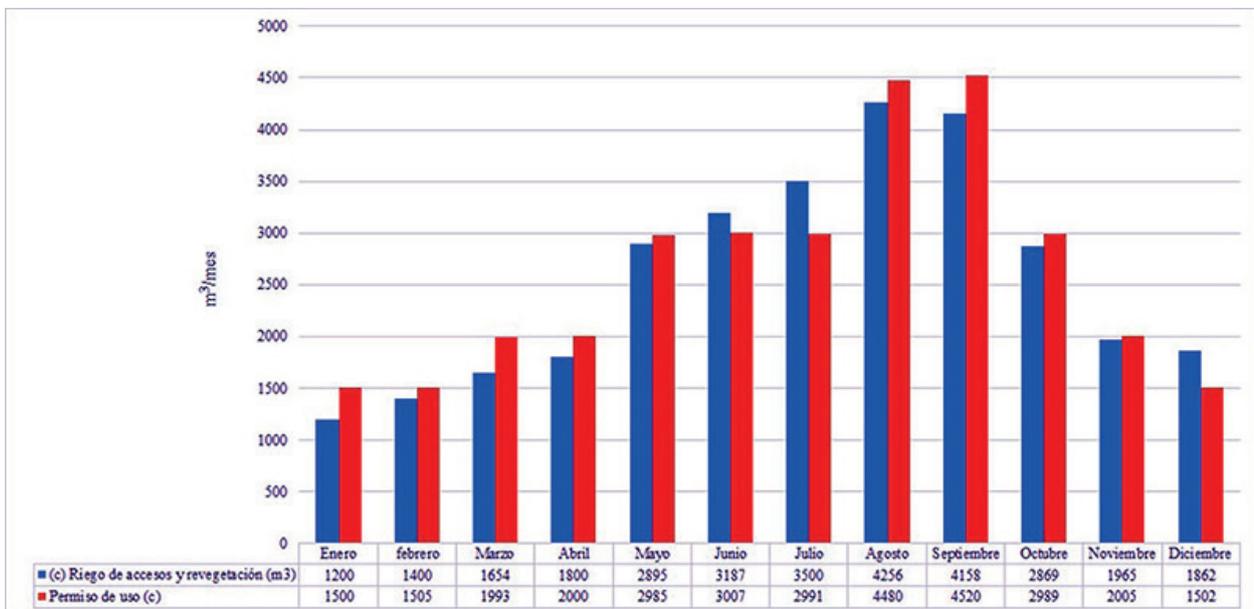


Figura N° 9. Permiso de captación y uso real de agua para riego de accesos y revegetación.

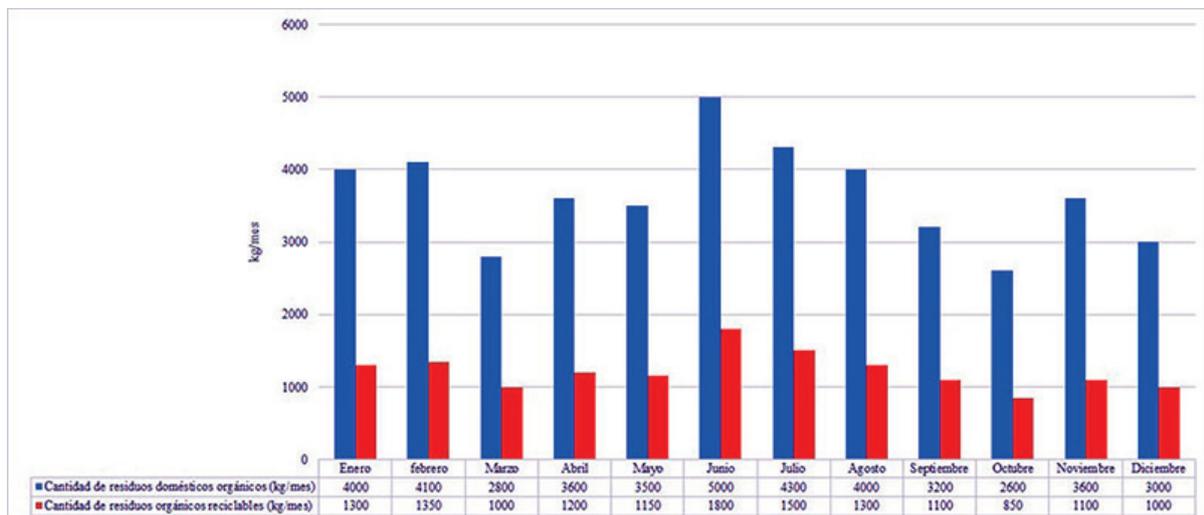


Figura N° 10. Cantidad de residuos sólidos orgánicos reciclables.

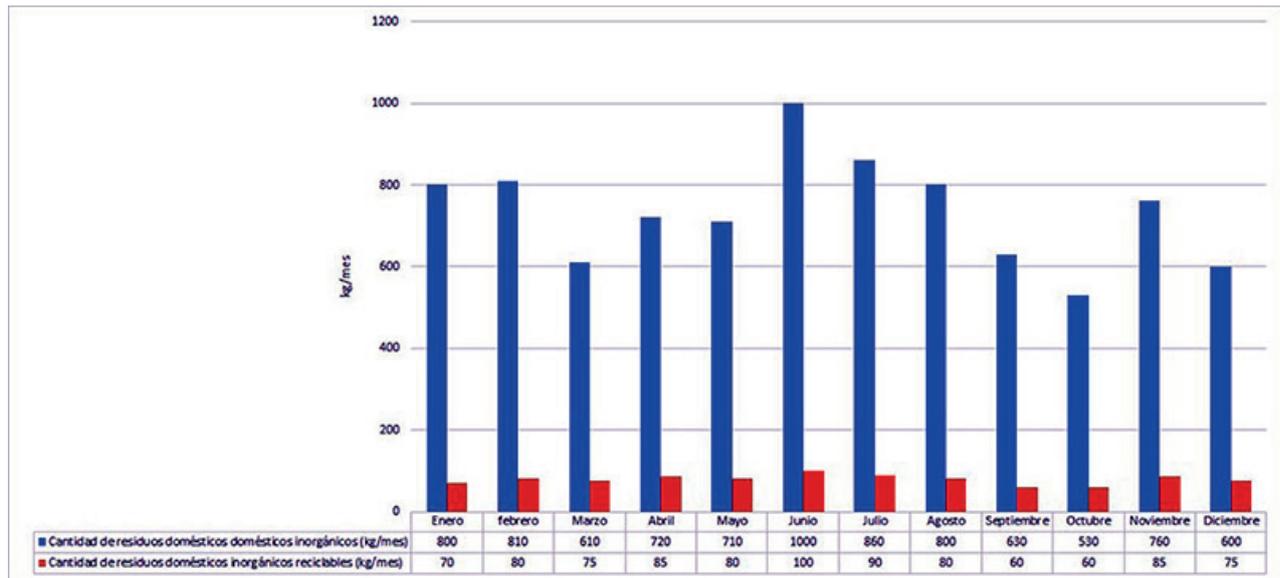


Figura N° 11. Cantidad de residuos sólidos orgánicos reciclables.



Figura N° 12. Eficiencia de tratamiento de efluentes líquidos.

óptima (80.00 %)); la mínima, en octubre (0.00 % < eficiencia óptima (80.00 %)); y un promedio mensual de eficiencia de 56.03 %. La máxima eficiencia en sólidos suspendidos totales (SST) se dio en marzo (94.44 % > eficiencia óptima (80 %)); la mínima, en noviembre (11.11 % < eficiencia óptima (80 %)); y un promedio mensual de eficiencia de 58.76 %. La máxima eficiencia en demanda biológica de oxígeno (DBO) se dio en febrero (73.33 % < eficiencia óptima (80 %)); la mínima, en noviembre (14.29 % < eficiencia óptima (80 %)); y un promedio mensual de eficiencia de 51.13 %.

### 3.2.4. Ocurrencias ambientales

En la unidad minera Atacocha durante el año de estudio, los números de incidentes y accidentes ambientales ocurridos fueron siete (7) y once (11) respectivamente.

## IV. CONCLUSIONES

Es necesario el desarrollo sostenible en la industria minera para hacer frente a los diversos desafíos de sostenibilidad por parte de la industria, y para su desarrollo es necesario implementar indicadores ambientales que ayuden a medir el progreso hacia una minería sostenible.

El uso de Indicadores de Gestión Ambiental ayuda en la evaluación de la gestión y calidad ambiental en proyectos de minería sostenible. Un Indicador de sostenibilidad se plantea como instrumento que permite evaluar los avances hacia un nuevo paradigma de desarrollo.

En el análisis de este artículo, se estableció cierta cantidad de indicadores para conocer el desempeño de la unidad minera Atacocha, y su desenvolvimiento referente a

los residuos sólidos no aprovechables (kg/mes), emisiones atmosféricas (ug/m<sup>3</sup>), infracciones u observaciones por parte del ente fiscalizador, consumo de agua (m<sup>3</sup>/mes), residuos sólidos aprovechables (kg/mes), efluentes (eficiencia), e incidentes y accidentes ambientales. Estos muestran un panorama importante, pero limitado por la cantidad de indicadores utilizados, que puede servir para la toma de decisiones en esta unidad o puede ser aplicado en otras unidades mineras.

Es imprescindible el desarrollo de un marco de indicadores ambientales más amplio y específico para tres (03) estratos de la minería (la gran minería, mediana minería y pequeña minería), de tal manera que se sumen esfuerzos para alcanzar la sostenibilidad en la industria minera peruana.

## V. BIBLIOGRAFÍA

Araujo Lima, Ana Claudia (2005). Norma de Gestión. Indicadores de desempeño ambiental. Río de Janeiro: Votarantim. *En:*

Indicadores ambientales en el sistema de gestión ambiental de la unidad minera Atacocha (Grupo Nexa).

Ortiz, M., Sanchez, E., Cabrejos, G., y Sromero, M. (2015) *Los indicadores ambientales como herramienta para la sustentabilidad: estudio de caso en Morelos*. México D.F.: Universidad Autónoma del Estado de Morelia. [https://www.uaem.mx/progau/archivos/libros/2015\\_LIBRO\\_INDICADORES%20AMBIENTALES.pdf](https://www.uaem.mx/progau/archivos/libros/2015_LIBRO_INDICADORES%20AMBIENTALES.pdf)

Suárez Olave, Dora Catalina (2003). *Indicadores e índices ambientales. Marco teórico de indicadores*. Recuperado de <http://idea.unalmz1.edu.co/documentos/Indicadores%20ambientales.pdf>

Norma ISO 14031 (1999). *Gestión ambiental. Evaluación del desempeño ambiental. Pautas*. Recuperado de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:14031:ed-1:v1:en>

Díaz Lazo, J. H. (2010). *Indicadores de desempeño ambiental en la mediana minería caso unidad minera Atacocha de la minera Atacocha S.A.A.* Tesis de maestría. Universidad Nacional de Ingeniería, Sección Pos Grado, Lima, Recuperado de [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/632/1/diaz\\_lj.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/632/1/diaz_lj.pdf)