

RUTA MINERA

UN CAMINO A LA MINERÍA BIEN HECHA

VOLUMEN 4 NÚMERO 1 / DICIEMBRE 2020

ISSN: 2590 - 5724

**RESULTADO DE TRABAJOS DE
REFLEXIÓN INVESTIGACIÓN
INNOVACIÓN Y EXPERIENCIAS
EMPRESARIALES MINERAS
QUE APORTAN A UNA VISIÓN
INTEGRAL DE LA MINERÍA**



GIMAB
Grupo de Investigación
Minero Ambiental El Bagre

SENNOVA

Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación

RUTA MINERA

UN CAMINO A LA MINERÍA BIEN HECHA

Una publicación anual del
Centro de Formación Minero Ambiental
Servicio Nacional de Aprendizaje- SENA

Dirección General
Dirección de Formación Profesional
Grupo SENNOVA
Grupo de Investigación Minero Ambiental de
El Bagre - GIMAB

Centro de Formación Minero Ambiental
Los Comodatos de Arriba (Vía Zaragoza)
Teléfono: +57 (1) 837 0340 - 837 0461,
Exts. 45125 - 45124 - 45105

SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE
www.sena.edu.co
El Bagre, Antioquia, Colombia

Carlos Mario Estrada Molina
Director General del SENA

Nidia Jeannette Gómez Pérez
Directora de Formación Profesional

Leidy Jhoanna Sierra
Coordinadora SENNOVA

Juan Felipe Rendón Ochoa
Director Regional Antioquia

CREDITOS

Director de la Revista
Jairo León Jiménez Zapata

Editor General
Sebastián Molina Calderón

Diseño y Diagramación
Farley Giovanni González Londoño

Columnistas
Sebastián Molina Calderón
Luis Eduardo Carreño Mejía
Grupo de Gestión para la Formalización Minera
Dirección de Formalización Minera
Ministerio de Minas
Cesar Medina Agudelo
Sergio Escudero Restrepo
Lina Marcela González Martín
Stephanie Álvarez Zuluaga
Erika María Gracia Flórez
Juan Pablo Salazar Giraldo
Julián Esteban López

Colaboradores
Blanca Inés Alvarado
Mary Yanet Vargas Valencia

Agradecimientos
A todas las personas e instituciones que
comparten sus experiencias y resultados
de investigación, innovación y desarrollo
tecnológico para que otros puedan
nutrirse y crecer en sus procesos
productivos y académicos.

EDITORIAL

Esta nueva edición de la revista “Ruta Minera” nos llena de orgullo, no solo por llegar a la cuarta versión, sino por que su contenido expresa uno de los valores que nos define como antioqueños y que promovemos desde nuestra gestión institucional, en este caso, el trabajo articulado Universidad, Empresa, Estado y Sociedad.

Los actores de la sociedad antioqueña, desde hace décadas, nos hemos unido en proyectos donde definimos propósitos comunes, a los cuales, cada uno de nosotros entregamos nuestras capacidades en procura de obtenerlos. A través de este ejercicio sistemático, consciente y constante hemos creado instituciones como la Escuela de Minas, la Universidad de Antioquia, Empresas Públicas y el Metro, entre otras. Hemos afrontado y superado retos y amenazas como el narcoterrorismo y diversas crisis sociales, ambientales y financieras. El desarrollo social y económico ha sido un proyecto común de Antioquia, acá nos hemos caracterizado por trabajar articuladamente y en la minería hemos encontrado

una fuente importante de crecimiento donde nos unimos también.

En estas páginas podrán encontrar la participación de referentes del Gobierno desde el Ministerio de Minas y Energía, de las empresas con Gran Colombia Gold y Conconcreto, de comunidades organizadas representada en Asoagromicauca y del sector de la educación con la presencia del Centro de los Recursos Renovables, La Salada, del SENA Regional Antioquia.

Teniendo en cuenta la importancia e impacto que esperamos genere la revista, queremos invitarlos para que desde la institucionalidad conozcan estos resultados y experiencias que divulgamos y se conviertan en lectores multiplicadores de nuestras próximas ediciones, alrededor de las bondades de la buena minería, así como de los retos y desafíos para el sector, desde la innovación y lo que representan para Antioquia y el país seguir trabajando conjuntamente ente el Estado, la academia, la sociedad y las pequeñas y medianas empresas mineras.

Juan Felipe Rendón Ochoa
Director Regional Antioquia

SENNOVA

Sistema de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación

Contenido

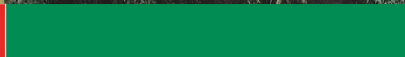


**La
Responsabilidad
Social
Empresarial de la
Gran Minería en
Colombia como
Fuente para el
Desarrollo
Nacional en el
Periodo
2010-2020.**

**Caracterización
Mineralógica
como Pieza
Clave del
Conocimiento
Fomento
Minero para el
Mejoramiento
de la
Minería Eurífera
del País.**

06

19



**Trabajar de la Mano
con las
Comunidades,
Clave del Éxito de
Gran Colombia Gold.**

**Minería 4.0
en Materiales
de Construcción.**

**Proyecto Minero
de Asoagromicauca
y la Importancia de
la Formalización
Dentro
de los Territorios.**

**Análisis del Riesgo
Ambiental en un
Relave Minero M
mediante Código RAC
como Índice de
Removilización
Potencial por
Elementos
Potencialmente
Tóxicos.**



30

36

44

48



La Responsabilidad Social Empresarial de la Gran Minería en Colombia como Fuente para el Desarrollo nacional en el Periodo 2010 - 2020.

The Corporate Social Responsibility Of Great Mining In Colombia As a Source For National Development In The Period 2010-2020.

Resumen

En el presente artículo se examinó como la gran minería en Colombia aplicaba las políticas de Responsabilidad Social Empresarial (RSE) en el periodo 2010-2020, además de la repercusión e impactos generados en la población presente en el territorio. En este sentido, se realizó la discusión sobre los principales ejes temáticos de la actividad minera, la cual requirió implementar estrategias de divulgación para promover el desarrollo de proyectos y la aceptación de la comunidad en la zona de influencia. No obstante, se identificó que este sector requirió de un mayor control por parte del Estado, tanto en su regularización, como en el monitoreo y ejecución. En este sentido, la política de RSE repercutió en que el Gobierno prestara una mayor atención y rigurosidad en la supervisión de esta actividad, la cual requiere alta eficiencia técnica, legal, ambiental, social y económica para su ejecución, además de la caracterización de las necesidades y aspectos diferenciales de las



Autores:

Sebastián Molina Calderón
ing. Geólogo, M. Sc Geología
y Geoquímica.

Luis Eduardo Carreño Mejía
Administrador de Empresas,
M. Sc Gestión de la información

comunidades, lo que permite dar una respuesta asertiva en el territorio, disminuyendo el riesgo por corrupción, la falta de transparencia y la imagen negativa de la minería.

Concluyo invitando al lector a conocer en mayor detalle los aportes del sector minero al desarrollo del país, en especial el esfuerzo para mejorar la comunicación e implementación de políticas mineras, tanto del sector público como privado, con énfasis en dar respuesta a problemáticas locales que generen un aumento en la calidad de vida de la población que habita las zonas mineras de Colombia.

Palabras Claves: minería, Responsabilidad Social Empresarial, Colombia.

Abstract:

This article examined how large-scale mining in Colombia applied Corporate Social Responsibility (CSR) policies in the 2010-2020 period, in addition to the repercussion and impacts generated in the population present in the territory. In this sense, a discussion was held on the main thematic axes of mining activity, which required implementing outreach strategies to promote the development of projects and the acceptance of the community in the area of influence. However, it was identified that this sector requires greater control by the State, both in its regularization and in monitoring and execution. In this sense, the CSR policy resulted in the Government paying greater attention and rigor in supervising this activity, which requires high technical, legal, environmental, social and economic efficiency for its execution, in addition to characterizing the needs and differential aspects of the communities, allowing an assertive response in the territory, reducing the risk of corruption, the lack of transparency and the negative image of mining.

We conclude by inviting the reader to learn more about the contributions of the mining sector to the development of the country, especially the effort to improve the communication and implementation of mining policies, both in the public and private sectors, with an emphasis on responding to local problem situations that generate an increase in the quality of life of the population that inhabits the mining areas of Colombia.

Key Words: mining, Corporate Social Responsibility, Colombia.





1. Introducción

1.1. Problema: La Responsabilidad Social Empresarial (RSE) hace referencia a las obligaciones que asume una organización para preservar o incrementar el bienestar de la sociedad, al mismo tiempo que trata de satisfacer sus propios intereses. En este sentido, la problemática de la gran minería, gira en torno al cumplimiento o no de la RSE en las zonas en donde se ejecutan proyectos mineros en Colombia (Chiavenato, 2017).

Según Frederiksen (2019) el impacto del desarrollo local de la gran minería en los países en vía de desarrollo como Colombia, es pobre, lo que se refleja en el bajo Índice de Desarrollo Humano (DH) de estos países. No obstante, existen estrategias que promueven las buenas prácticas mineras de manera integral, más allá de las exigencias legislativas en términos sociales, económicos y ambientales, las cuales están basadas en el capital humano y la inclusión de las comunidades en el territorio (Comajuncosa & Vintró, 2009).

Por consiguiente, dado que el sector minero representa en torno al 2% del PIB de Colombia (ANM, 2017), en el presente artículo se indaga sobre la ejecución de proyectos de RSE para el desarrollo de entidades y proyectos territoriales del Gobierno Nacional en los municipios mineros, en contra partida con la imagen negativa y generalizada de la actividad minera, la cual impide la ejecución de nuevos proyectos que promuevan el desarrollo sostenible en el territorio con las comunidades. Tanto así, que según Jaime Arteaga & Asociados (2019) el 39% de los colombianos quiere que se prohíba la minería en todo el país, mientras que el 55% no desea

que se lleven a cabo actividades mineras en su municipio; a pesar de que el 59% de la población reconoce la vocación minera de Colombia.

Por consiguiente, dado que el sector minero representa en torno al 2% del PIB de Colombia (ANM, 2017), en el presente artículo se indaga sobre la ejecución de proyectos de RSE para el desarrollo de entidades y proyectos territoriales del Gobierno Nacional en los municipios mineros, en contra partida con la imagen negativa y generalizada de la actividad minera, la cual impide la ejecución de nuevos proyectos que promuevan el desarrollo sostenible en el territorio con las comunidades. Tanto así, que según Jaime Arteaga & Asociados (2019) el 39% de los colombianos quiere que se prohíba la minería en todo el país, mientras que el 55% no desea que se lleven a cabo actividades mineras en su municipio; a pesar de que el 59% de la población reconoce la vocación minera de Colombia.

1.2. Objetivo General: Analizar el papel de la responsabilidad social empresarial de la gran minería en el periodo 2010-2020.

1.2.1. Objetivos Específicos:

- Interpretar los resultados de buenas prácticas mineras en responsabilidad social en el país.
- Identificar las estrategias de divulgación del sector minero en responsabilidad social empresarial en el territorio y sus consecuencias.

1.3. Justificación

De acuerdo a la ANM (2017) el sector minero en Colombia ha contribuido con más de 8 billones de pesos en regalías desde el año 2012, inversión que el

Gobierno Nacional ha destinado al desarrollo de proyectos de interés en educación, vivienda, infraestructura, agricultura, transporte, salud y cultura para todos los colombianos, evidenciando la RSE de la minería legal, la cual genera y aporta recursos de su explotación para el desarrollo sostenible del territorio.

La importancia de la minería entre 2010 y 2020 en Colombia ha sido tan destacada, que para el año 2013 el sector minero energético representó el 70% del presupuesto de inversión de la nación y en 2014 el 60%. No obstante, como consecuencia de la incertidumbre jurídica, los problemas ambientales y el desconocimiento de las comunidades en zonas de influencia de proyectos mineros, la inversión en el sector ha disminuido drásticamente, llegando en 2016 a presentar una contracción en exportaciones y en aporte al PIB (1,93%) (ANM, 2017). En este sentido, Comajuncosa & Vintró (2009) afirman que la industria minera por sus acciones en el territorio y su impacto social, ambiental y económico, debe garantizar la ejecución de programas de RSE (Jenkins & Obara, 2004), como base del desarrollo sostenible.

Adicionalmente, como lo afirman Arias, V., Lovera, D., Puente, L. & Calderón, M. (2009) la RSE en la industria minera no se debe considerar como un acto de filantropía, sino un esquema articulado con las comunidades presentes en el territorio, tal como ocurre en Colombia, en donde en la última década la cantidad de proyectos mineros ha aumentado considerablemente. No obstante, es importante que las comunidades tengan claridad sobre el componente de RSE de una organización, el cual no suple o cumple las obligaciones del Estado en el

territorio, principal problema que se ha identificado en zonas mineras del país, tal como es el caso de El Bagre, Antioquia con Mineros S.A, Segovia, Antioquia con Gran Colombia Gold, Montelíbano, Córdoba con South32-CerroMatoso y el departamento de La Guajira con Carbones del Cerrejón.

La RSE en Colombia va mucho más allá de la dimensión ambiental y social, debe verse desde la cadena económica, es decir, desde el desempeño de las actividades y su productividad para mejorar la calidad de vida de la población y las adecuadas condiciones laborales para el trabajador minero, permitiendo el equilibrio entre medio ambiente, minería y comunidad en el territorio (Jurado, 2013).

A nivel nacional es muy importante contar con información debidamente ordenada acerca de la RSE en el sector minero, en especial por la participación que tiene en la economía colombiana y el papel que trae consigo en el desarrollo tanto de los trabajadores mineros como de la zona donde se ubican los proyectos mineros.

La inversión de regalías del sector minero energético contribuye en un 15% al crecimiento del país, generando más de 350 mil empleos directos en la industria, además de la generación de 4 empleos indirectos por cada empleo directo, para un total de 1.750.000 empleos, fomentando la diversificación de la economía y el crecimiento de los territorios (ANM, 2001, 2014, 2017). En complemento, Jurado (2013) afirma que el bienestar de los trabajadores mineros, tanto en condiciones laborales como psicosociales, se fundamenta en la estructuración de las actividades mineras basadas en RSE.



A través de este artículo se analiza los cambios y variaciones de la RSE de la gran minería en la última década, su contribución al desarrollo sostenible en el territorio y el beneficio que esta genera en el país, enmarcado en buenas prácticas mineras, es de indicar, que a ser a un artículo de revisión utiliza fuentes de información serias (bases de datos académicas, libros y fuentes reconocidas) tanto nacionales como internacionales, que pueden ser citados o referenciados en otros estudios e investigaciones relacionados al área temática.

1.4. Antecedentes

De acuerdo a Measham, T.G., Zhang, A. (2019) y Yaw, J. (2019) la RSE en el sector minero juega un papel fundamental sobre la convicción moral de una comunidad, en la cual el desempeño en la explotación de recursos (Bastian, B, Zhang, A., Moffat, K. 2015, Tiainen, H., 2016) define la postura moral o ideológica hacia la industria, ya sea a favor o en contra. En este sentido, los estudios previos de Trigger, D.S. (1997) indican que este factor puede influir fuertemente en la visión de cualquier proyecto minero, lo que coloca en tela de juicio la moral de la comunidad entorno al apoyo o rechazo de la minería. Por consiguiente, las empresas mineras han tomado la postura de desarrollar actividades que vinculen a la población presente en su zona de influencia, como parte del proceso de responsabilidad empresarial y viabilidad del proyecto (Bastian et al., 2015, Ranangen, H. & Lindman, A., 2018, Caraballo, V., 2019). La RSE y el desarrollo han tenido una historia difícil en la industria minera. A nivel internacional, desde la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo de 1992 en Río de Janeiro, Brasil, la industria minera se ha transformado para

reorientarse a través de una serie de iniciativas globales que elaboran formas en que la minería puede contribuir a la construcción del desarrollo sostenible (Jenkins, H. & Obara, L., 2004, Dashwood, 2012). La adopción de estándares globales de RSE es un indicador clave del comportamiento responsable en la industria minera. Estos estándares, y una serie de pronunciamientos políticos y sociales, permiten que de una forma importante el sector privado entregue desarrollo, vinculando objetivos económicos y sociales para producir resultados de gran impacto (Garriga, E. & Melé, D., 2004, DFID, 2011). En el caso de Colombia, de acuerdo a Moncada (2016) varias empresas del sector minero han realizado acercamiento con las comunidad para la ejecución de sus planes de responsabilidad social, dando cumplimiento a lo establecido en el artículo 27 de la Ley 1382/10, la cual indica que “Las empresas mineras promoverán y efectuarán actividades de responsabilidad social en un marco de desarrollo humano sostenible, que propenda por la promoción de comportamientos voluntarios, socialmente responsables, a partir del diseño, desarrollo y ejecución de políticas, planes, programas y proyectos que permitan el logro de objetivos sociales de mejoramiento en la calidad de la vida de la población y la prevención y reparación de los daños ambientales en las regiones, subregiones o zonas de influencia.” (MINENERGIA, 2015, 2017, 2018).

Con respecto a la ejecución de la inversión en RSE, de acuerdo a Cárdenas y Reina (2008) las empresas mineras en la última década se han enfocado en destinar recursos en cultura, conservación del medio ambiente, apoyo a población vulnerable y bienestar social a las comunidades. Adicionalmente, la gran

minería ha intensificado sus acciones para aumentar la formación y capacitación del recurso humano nativo de las regiones de sus zonas de influencia, dado que esto permite contribuir de manera eficiente al desarrollo sostenible en el territorio. Así mismo, las empresas mineras se destacan por su enfoque en programas que promueven el respeto a los derechos humanos (Frederiksen, T., 2018).

De acuerdo al análisis de la ANDI (2016) la inversión en otros campos, tales como vivienda, educación, nutrición, cultura, servicios públicos, protección de medio ambiente, reconstrucción del tejido social, apoyo a población vulnerable, fortalecimiento de la justicia y encadenamientos productivos, es superior a la media del resto de industrias que opera en el país. Por consiguiente, a pesar de la caída del sector minero en 2014, las empresas continúan con sus políticas de RSE, con el propósito de consolidar los proyectos mineros de interés nacional y estratégico para Colombia, tales como MINESA en California, Santander, Gramalote en San Roque y Quebradona Minera de Cobre en Jericó, estos últimos en el departamento de Antioquia (Morales, J.D. & Silva, R., 2016).

De acuerdo a la Agencia Nacional de Minería (ANM) en el periodo 2010-2014, las regalías del sector minero fueron equivalentes a más de 45 billones de pesos, lo que permitió la financiación de la educación básica y media de más de 7,6 millones de niños y jóvenes, equivalente al 85,4% del gasto público en educación (ANM, 2014). De esta manera, se identifica que la actividad minera posee un papel fundamental en la dinámica económica de Colombia, por lo cual se requiere un estricto seguimiento a los recursos

obtenidos de este tipo de industria, además de políticas estatales que garanticen un mayor control y regularización, dado que existen altos números de informalidad, lo que implica el incumplimiento a normas técnicas, ambientales, económicas, tributarias, sociales y laborales, tanto en minería subterránea como a cielo abierto y aluvial. Como consecuencia, se presentan altos índices de pobreza en las zonas mineras y bajos índices de desarrollo, dado que este tipo de minería no genera un impacto ni imagen positiva en el territorio (Castro, A., Ronderos, C. & Bernal, F., 2016).

Los estudios de la RSE en el territorio entre 2010 y 2020, tal como lo indica Solano (2014), permiten identificar los aspectos positivos y negativos de la actividad minera, dando a conocer el impacto de



FOTO CORTESÍA: EMIJOM SAS



estas acciones desde la dimensión social, económica y ambiental. Para regiones de Colombia, tales como Antioquia, Bolívar, Boyacá, Caldas, Cesar, Chocó, Cundinamarca, La Guajira y Norte de Santander, la minería es uno de los motores de la economía departamental. Por consiguiente, las políticas de RSE giran en torno a la generación de una buena reputación, mejorando su imagen con la población para tener su respaldo en la ejecución de la actividad productiva (Mendizabal, G., 2013, Frederiksen, T., 2018).

En el ámbito local de los países latinoamericanos, la visión de Milton Friedman se aplica en gran manera, afirmando que “la responsabilidad social de las empresas es aumentar sus beneficios” (Friedman, 1970), lo que da a entender que las empresas mineras realizan sus actividades de RSE pensando no solo en el bienestar de la comunidad, sino también en aumentar su beneficio propio, ya sea tangible o intangible, a corto o largo plazo (Villanueva, C., 2007, Haslam, P.A., Tanimoune, N. A. & Razeq, Z. M., 2019), lo que puede incurrir en problemas con la comunidad, dado que la premura por su aceptación o por cierta decisión que implica un gran impacto en el territorio, puede generar malestar entre sus habitantes, teniendo a futuro poco apoyo por los grupos de interés, tal como ha ocurrido con proyectos mineros de gran interés para el Estado, como por ejemplo La Colosa en el municipio de Cajamarca, Tolima, el cual se encuentra suspendido por falta de acuerdos y aceptación por parte de la comunidad, tanto en temas ambientales como sociales y económicos (De La Font, F.R. & Niño, L. A., 2012). Por último, se puede afirmar que el sector minero ha invertido considerables sumas de dinero en RSE, sin embargo,

la comunidad en el territorio no lo ve reflejado o no siente el acompañamiento de las empresas mineras para dar respuesta a sus necesidades, lo que ocasiona malestar en la población y oposición a la actividad minera (Dinero.com, 2013). Por esta razón, a partir de 2010 el gremio minero ha comenzado a impulsar la imagen positiva del sector, generando convenios con la comunidad para que la población tenga una mayor participación en las acciones mineras en las regiones, además de beneficiar a los núcleos familiares de los trabajadores nativos de la zona, impulsando planes de bienestar social, educación, cultura y entretenimiento (Carmona, U., Cardona, H. & Restrepo, I., 2017). Por otra parte, se ha promovido el proceso de formalización de la pequeña minería en los municipios mineros de Colombia, lo cual permitirá una convivencia en equilibrio con la Gran minería. De esta manera, desde 2010 han sido más de 3.000 mineros formalizados, los cuales se encuentran en zona de influencia de empresas tales como: Gran Colombia Gold, AngloGold Ashanti, Minas Paz del Río y Mineros S.A. (González, S., 2015, Molina, S. & Ortiz, H.M., 2018).

2. Marco Teórico

De acuerdo a la UPME (2014) la RSE de las empresas mineras en Colombia tiene una conducta corporativa, en la cual proceden en su mayoría a una articulación con las comunidades en el territorio, lo que les ha permitido mejorar su estructura y desempeño, tal como lo reflejan las encuestas de percepción de la gran minería en varias regiones del país. Sin embargo, en contra partida Frederiksen (2018) afirma que los impactos del desarrollo local de las actividades de RSE de la industria minera no son positivas, dado que, de acuerdo a estudios realizados, casi nunca cumplen

con sus objetivos y pueden tener efectos perniciosos. Muchos estudios de casos empíricos sobre las relaciones comunitarias corporativas y los impactos de los programas de RSE para quienes viven con operaciones mineras critican los impactos ambientales y sociales ambiguos o directamente negativos de la minería en el mundo en desarrollo, (Himley, 2014).

Por otra parte, las responsabilidades del Estado no pueden ser suplidas por las empresas mineras a través de los programas de RSE, dado que las comunidades en ocasiones confunden estas actividades con las necesidades y requerimientos que por ley debe cumplir el Gobierno Nacional. De esta manera, se evidencia la necesidad de implementar desde el sector público y privado, estrategias que permitan el buen desempeño de la actividad minera, en equilibrio con el medio ambiente y la población en el territorio.

Algunas de las regiones del país que presentan problemas e inconformidades con el sector minero son: el departamento de Santander, desde el ámbito ambiental con el proyecto a ejecutarse en la Provincia de Soto Norte por parte de la Sociedad Minera de Santander - MINESA de capital emiratí, los pequeños mineros del municipio de Buriticá, Antioquia con la empresa Continental Gold, a causa de la inconformidad en la relación laboral y ejecución de las actividades mineras desde el ámbito legal y social, la región de Cajamarca en el Tolima con la sudafricana AngloGold Ashanti, como resultado del descontento ambiental y de enfoque económico, el cual es principalmente agrícola en esta parte del país. De acuerdo a Molina S. & Ortíz H. M. (2018) entre las

principales causas de la imagen negativa del sector minero en el territorio se destaca la desinformación y el desconocimiento del tipo de explotación minera, además de la diferenciación entre la minería formal e informal, siendo esta última la que incumple procesos de normativa legal, ambiental y social, lo que fragmenta la imagen del sector, además de generar aportes nulos en temas de RSE en el territorio.

Por consiguiente, Kemp, D., Worden, S. & Owen, J. R., (2016) afirma que la RSE del sector minero presenta dos posturas, por un lado, una nueva política y un esfuerzo aparente, por el otro, una pequeña mejora en el territorio. De acuerdo a Campbell (2012) hay muchas razones por las que los programas de RSE, como otras intervenciones de desarrollo, pueden no ser inclusivas, con base al diseño inapropiado de programas, la resistencia de la comunidad y los contextos políticos adversos. Sin embargo, las limitaciones de la agenda de RSE en la industria minera socavan la capacidad del gasto de la empresa para mejorar las vidas de quienes viven en la zona de influencia de estos proyectos. En una industria competitiva con empresas bajo una gran presión para mantener bajos los costos, el conocimiento del riesgo es fundamental para justificar el gasto en RSE (Campbell, 2012). De acuerdo con Kemp et al. (2016) una industria altamente riesgosa está literalmente conectada al creciente compromiso de RSE, asociado al alcance y la gravedad de los riesgos que enfrenta la actividad minera.

Para el año 2012, las 15 compañías mineras más grandes del mundo gastaron más de \$ 1.7 mil millones de dólares en inversión comunitaria (Franks,



2015), lo que se esperaba reflejar en la percepción y desarrollo de las comunidades asociado al proyecto minero, bajo la bandera de los programas de RSE. Si bien no es universal, la mayoría de las empresas de la industria cambió su enfoque, lo que permitió identificar las necesidades reales de la comunidad, identificar el nivel de inversión requerido y realizar proyectos que de verdad generaran progreso, sostenibilidad y crecimiento económico en la población, con énfasis en el apoyo a las líneas económicas e industriales ya existentes en el territorio.

Adicionalmente, de acuerdo a Moncada (2016) para ejecutar programas de RSE eficaces, se requiere un fuerte cumplimiento a las políticas públicas, con una visión compartida de mediano y de largo plazo entre la minería y otras actividades; fortalecer la capacitación y formación del trabajador minero; regular de manera asertiva la normativa y reglamentación técnica del sector minero, cumpliendo con los requerimientos mínimos para la ejecución de esta actividad, considerando tanto los impactos ambientales como sociales. Además, se deben identificar en detalle las zonas excluidas y de especial importancia ecológica para el país, así como las zonas en donde se ejecuta minería informal, con el propósito de tomar las medidas necesarias establecidas en la ley colombiana (UPME, 2014). De esta manera, de acuerdo a Martínez, A. (2012) se puede afirmar que la minería es una actividad esencial para el ser humano, la cual se debe ejecutar de manera responsable, con altos estándares técnicos, ambientales y socioeconómicos, los cuales confluyen en el crecimiento sostenible. De esta manera, la minería en Colombia presenta desafíos en diversos ámbitos vinculados a la RSE, entre los cuales se destaca: la información insuficiente y desactualiza-

da de los recursos minerales de país, baja efectividad de la ANM para el estudio de zonas con potencial para licenciamiento, procesos de fiscalización obsoletos, los cuales no garantizan el cumplimiento de los estándares que exige la ley, baja comunicación y articulación entre los diversos organismos del estado, tales como ANM, MINERNGIA, SCC, entre otros.

En general, existen la controversia entre la visión del Estado y las comunidades sobre el real impacto de la minería en el territorio, dado que mientras unos se enfocan en las consecuencias de la explotación de minerales, la otra se centra en la repercusión en regalías producto de esta actividad económica. Por consiguiente, se requiere un estudio a profundidad para conocer en detalle la influencia y repercusión de la minería en cada una de las regiones del país en donde se considera como actividad esencial.

3. Resultados

De acuerdo al análisis realizado, se infiere que la actividad minera requiere una mayor regularización, control y monitoreo. Adicionalmente, la política de RSE demanda una mayor supervisión, en especial a los grandes proyectos mineros que se desarrollan en el país y a la pequeña minería, la cual es la que de cierta forma tiene mayor presencia en el país, dado que más del 70% de Unidades de Producción Minera son de este tipo. En cuanto a las políticas de RSE, las empresas mineras requieren un alto conocimiento de las necesidades del territorio, además de un impacto positivo en la zona de influencia, lo que se materializa a través de las acciones de la RSE como parte del proceso de articulación con la población presente en la zona de interés. La definición de minería positiva o negativa depende en gran medida de la percepción

de la comunidad, la identificación de factores de interés y el análisis de la ejecución de esta labor desde el ámbito ambiental, social, económico, cultural y técnico, factores que en sumatoria permiten dimensionar el aporte o no de este sector al territorio. En este sentido, la gran minería ha implementado una estrategia de RSE de apoyo a la comunidad presente en su zona de influencia, desarrollando programas de educación, promoción a la cultura, emprendimiento y acompañamiento en proyectos productivos, lo que de cierta manera genera como consecuencia el aporte a la economía local y a la calidad de vida de la población.



FOTOGRAFÍA: EMIJOM S.A.S

4. Discusión de resultados

En general, la minería como actividad primaria y de ejecución legal aporta notablemente recursos a las arcas del Estado, vía impuesto de rentas, IVA y regalías (Cárdenas y Reina, 2008); y estos son trasladados para que sean ejecutados por parte del gobierno en los diferentes planes y programas que cuenta, haciendo énfasis en educación, prosperidad social, poblaciones vulnerables y subsidios. Si bien los impuestos son de carácter impositivo, la gran minería, al procurar estar presente en el marco de la legalidad proporciona fuerza para que esos recursos puedan ser utilizado en los diferentes planes a cargo del gobierno nacional. Sin embargo, esos recursos no son administrados de manera óptima debido a la ineficiencia estatal, en la que destaca la burocracia y la corrupción como factores principales. En contravía a lo anterior, la minería ilegal es un foco de evasión de impuestos y por lo tanto de menos recursos que obtiene el gobierno por la extracción minera. Este proceso en un contexto capitalista es cíclico, se recauda menos impuestos, se distribuye menos ingresos y se apropian menos recursos al Presupuesto General de la Nación, por ende, se deben de reducir las diferentes partidas presupuestales. Sin embargo, no queda solamente en materia de impuestos, la repercusión ambiental deja daños severos, abriéndose cada vez más las brechas fiscales y sociales (Castro A., et al., 2016).

En un discurso similar se puede tratar también cumplimiento de legislación laboral y comercial, que se traduce en empleos formales, cobertura a la seguridad social, gestión de riesgos de los trabajadores, mayores beneficios para los trabajadores, así como el desarrollo de la competencia sana.



Un factor que también está relacionado con el cumplimiento de la normatividad pero que tiene una connotación aun mayor es el relacionado a la responsabilidad ambiental a cargo de la gran minería. Si bien la normatividad colombiana dicta directrices acerca de su cumplimiento, lo referente al campo ambiental es demasiado complejo debido a todo el cumulo de relaciones que se encuentran entre la extracción minera y su impacto en la biodiversidad y medio ambiente. En el aspecto ambiental surgen muchos stakeholders, como los grandes grupos de protección al medio ambiente, el Estado, los trabajadores, la comunidad local, la comunidad externa, entre otros. Si bien existen actividades de reparación ambiental, lo cual se podría catalogar como actividades controlados, lo que más preocupa son los daños ambientales provocados por accidentes, falta de aplicación de buenas prácticas mineras, entre otros.

Los estudios a cargo de la ANDI (2016) relacionados con el cálculo del panorama sobre medición dan una idea sobre la aplicación del RSE a nivel nacional, sin embargo, solo mide la situación de las grandes empresas mineras y no la realidad global, teniendo en cuenta a todo el sector minero tanto formal como informal. En particular las grandes empresas mineras invierten en programas destinados a sus trabajadores, a la comunidad local y a la población vulnerable, lo anterior, debido a que son aportes que en general se multiplican dentro de la comunidad local.

Frederiksen (2019) realizó un estudio acerca de la RSE en la gran minería en Zambia, en particular este país es netamente minero, en especial en la explotación de cobre. Entre los hallazgos se encuentra mucha relación con la situación colombiana, es decir: se

tiene complejidad legal, problemas de corrupción y falta de transparencia en el gasto (p.166). De igual modo los líderes mineros enfocan sus programas de RSE en infraestructura, calidad de vida y educación. Llama la atención como las empresas, en sus esfuerzos con la comunidad y su responsabilidad social focalizan sus acciones de acuerdo con la situación problemática local, como se describe en la Tabla 1.

Programa	Situación problema
Infraestructura	Construcción y mantenimientos de vías
Calidad de Vida	Programas de prevención del VIH y malaria.
	Proyectos de desinfección y fumigación.
	Construcción y mantenimiento de vías
Educación	Construcción de escuelas para desarrollo de niños y adultos

Fuente: Frederiksen, 2019

El caso de Zambia nos da a entender la importancia acerca de la comunicación de las empresas del sector minero con las localidades. Lo anterior permite focalizar los programas RSE, en atender necesidades puntuales siempre articulados con las políticas gubernamentales que operan en la región. Por tal motivo es necesario que las empresas que tengan programas de RSE implementen estrategias de comunicación bilateral como fuente de información y de divulgación con los diferentes stakeholders.

5. Conclusiones

• Los programas de RSE en el periodo 2010-2020 en Colombia fueron fundamentales para articular esfuerzos del Estado y del sector privado para mejorar la calidad de vida de los habitantes de las zonas mineras, permitiendo cualificar sus habilidades y destrezas para afrontar de mejor manera los retos y necesidades de la industria del país. Adicionalmente,

a través de las acciones de RSE se garantiza la implementación de programas de educación, desarrollo, bienestar, salud, entre otros, fundamentales en el cumplimiento de las obligaciones del gobierno con la población colombiana.

- Como producto de la actividad minera legal en Colombia, a través de los programas de RSE en los últimos 10 años, se han generado más de 1.750.000 empleos, entre directos e indirectos, fomentando la diversificación de la economía, crecimiento del capital y bienestar de la población, permitiendo de manera transversal mejorar la imagen del sector minero, el cual ha sido uno de los principales motores de desarrollo de Colombia a lo largo de la historia.

- La gran minería debe realizar actividades de divulgación dentro del marco RSE enfocadas especialmente en fortalecer las relaciones con los stakeholders tanto para identificar las necesidades de estos como para dar a conocer los proyectos ejecutados aumentando la percepción social hacia el sector minero.

Referencias

1. ANDI – Asociación Nacional de Industriales. (2016). Colombia: Balance 2015 y Perspectivas 2016. Recuperado el 30 de marzo de 2020, en: <http://www.andi.com.co/Documents/Balance2015/ANDI%20->
2. ANM - Agencia Nacional de Minería. (2017). Caracterización de la actividad minera departamental.1-2. Recuperado el 15 de marzo de 2020, en: https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/bullets_huila_23-01-17.pdf
3. ANM - Agencia Nacional de Minería. (2014). Informe de Gestión 2014. Recuperado el 29 de marzo de 2020, en: https://www.anm.gov.co/sites/default/files/DocumentosAnm/informe_gestion_2014.pdf
4. ANM – Agencia Nacional de Minería (2001). Ley 685/01 Código de Minas. Recuperado el 10 de abril de 2020, en: <https://www.anm.gov.co/?q=content/ley-685-de-2001-1>
5. Arias, V., Lovera, D., Puente, L & Calderón, M. (2009). Contexto de la responsabilidad social y la gobernabilidad. Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMC. 12 (23), 60-67.
6. Bastian, B., Zhang, A., Moffat, K. (2015). The interaction of economic rewards and moral convictions in predicting attitudes toward resource use. PLoS One 10 (8), e0134863.
7. Campbell, B. (2012). Corporate social responsibility and development in Africa: redefining the roles and responsibilities of public and private actors in the mining sector. Resour. 37, 138-143.
8. Caraballo, V. (2019). Semiotic distribution of responsibility: an ethnography of overburden in Colombia's emerald economy. The Extractive Industries and Society, 1-7. Doi: 10.1016/j.exis.2019.03.018
9. Cárdenas, M. & Reina, M. (2008). La minería en Colombia: Impacto socioeconómico y fiscal. Recuperado el 1 de abril de 2020, en:

- <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/893>
10. Carmona, U., Cardona, H. & Restrepo, I. (2017). Gestión ambiental, sostenibilidad y competitividad minera. DYNA, Universidad Nacional de Colombia, 50-58. Doi: 10.15446/dyna.v84n201.60326
11. Castro, A., Ronderos, C. & Bernal, F. (2016). Minería en Colombia: víctimas, causas y consecuencias del desplazamiento. Recuperado de <http://journal.universidadean.edu.co/index.php/plou/article/download/1391/1348>
12. Chiavenato, I. (2017). Comportamiento Organizacional: La dinámica del éxito en las organizaciones, México: McGrawHill.
13. Comajuncosa, J. & Vintró, C. (2010). Corporate Social Responsibility in the Mining Industry: Criteria and Indicators. Dyna. 71 (161), 31-41.
14. De La Font, F.R. & Niño, L. A. (2012). Corporate social responsibility in the Colombian coal mining sector: Lessons and experiences of the transnational mining companies within the framework of international standards determined by the international Labour Organization. Diálogos de Saberes. 36 (1), 81-89.
15. Dashwood, H.S. (2012). The Rise of Global Corporate Social Responsibility. Cambridge University Press, Cambridge.
16. DFID. (2011). The Engine of Development. The Department for International Development, Londres.
17. Dinero.com. (2013). Los dolores de la minería formal. Recuperado de: <https://www.dinero.com/empresas/articulo/responsabilidad-social-mineras/189948>
18. Franks, D.M. (2015). Mountain Movers. Routledge, Abingdon.
19. Frederiksen, T. (2019). Political settlements, the mining industry and corporate social responsibility in developing countries. The Extractive Industries and Society. 6, 162-170. Doi: 10.1016/j.exis.2018.07.007
20. Frederiksen, T. (2018). Corporate social responsibility, risk and development in the mining industry. Resources Policy. 59 (1), 495-505.
21. Friedman, M. (1970). La responsabilidad social de la empresa es incrementar sus beneficios. Te New York Times Magazine.
22. Garriga, E. & Melé, D. (2004). Corporate Social Responsibility Theories: Mapping the Territory. Journal of Business Ethics, 53(1-2), 51-71.
23. González, S. (2015). Los números de la minería en el país. EL ESPECTADOR. Recuperado el 29 de marzo de 2020, en: <http://www.elespectador.com/noticias/economia/los-numerosde-mineria-el-pais-articulo-557084>
24. Haslam, P.A., Tanimoune, N. A. & Razeq, Z. M. (2019). Is "being foreign" a liability for mining companies? Locational liabilities and social conflict in Latin America. Resources Policy, 63, 1-10.
25. Himley, M. (2014). Monitoring the impacts of extraction: science and participation in the governance of mining in Peru. Environ. Plann. A 46, 1068-1087. <https://doi.org/10.1068/a45631>
26. Jaime Arteaga & Asociados. (2019). Brújula Minera 2019. Recuperado el 7 de abril de 2020 de: <https://www.ja-a.co/2019/05/10/brujula-minera-investigaciones-2019/>
27. Jenkins, H. & Obara, L. (2004). Corporate social responsibility and the mining industry: conflicts and constructs. Corporate Social Responsibility and Environmental Management. 11(1), 2334.
28. Jurado, J. L. (2015). Responsabilidad social en la actividad minera. Cuadernos de la Maestría en Derecho. Universidad Sergio Arboleda. 3, 347-369.
29. Kemp, D., Worden, S. & Owen, J.R. (2016). Differentiated social risk: rebound dynamics and sustainability performance in mining. Resour. 50, 19-26.
30. Ley 1382 de 2010. (sin fecha). Gestor Normativo Función Pública. Recuperado el 30 de marzo de 2020, en: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=38863>
31. Martínez, A. (2012). Impacto socioeconómico de la minería en Colombia. Recuperado de <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/375>
32. Measham, T. G. & Zhang, A. (2019). Social licence, gender and mining: Moral conviction and perceived economic importance. Resources Policy, 61, 363 – 368.
33. Mendizabal, C. (2013). Analysis of the corporate responsibility before the workers in Mexico. Revista Latinoamericana de Derecho Social. Universidad Nacional Autónoma de México, 16, 123 – 145.
34. MINENERGIA – Ministerio de Minas y Energía. (2018). Presupuesto bienal de regalías que presentó el Gobierno Nacional aumenta en más del 60%. Recuperado el 18 de marzo de 2020, en: <https://www.minminas.gov.co/web/guest/historico-de-noticias?idNoticia=24045282>
35. MINENERGIA – Ministerio de Minas y Energía. (2017). Decreto Número 1949. Bogotá D.C. Recuperado el 1 de abril de 2020, en: <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%201949%20DEL%2028%20DE%20NOVIEMBRE%20DE%202017.pdf>
36. MINENERGIA – Ministerio de Minas y Energía. (2015). Decreto Número 1073. Bogotá, D.C. Recuperado el 15 de Marzo de 2020, en: <https://www.minminas.gov.co/documents/10180/23517/36452-Decreto-1073-26May15.pdf>



Caracterización Mineralógica como Pieza Clave del Conocimiento Fomento Minero para el Mejoramiento de la Minería Aurífera del País.



Autores:
**Grupo de Gestión para La Formalización
Minera - Dirección de Formalización
Minera - Ministerio de Minas Y Energía**

buscando entre otros, diversificar la matriz de minerales y aumentar la producción a través de la prestación de diversos servicios en asistencia técnica y acompañamiento en temas relacionados con el recurso minero,

Resumen

Dentro de los ejes estratégicos del Ministerio de Minas y Energía - MME se encuentra el desarrollo de un programa de Fomento Minero como parte de los objetivos propuestos en el Plan Nacional de Desarrollo "Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad", que busca consolidar la actividad minera con una visión de negocio y acorde con los retos de responsabilidad social, ambiental, empresarial y técnica en su desarrollo.

En el marco de los atributos fundamentales que se pretende visualizar con este programa para nuestra población minera, está lograr un operador legal, emprendedor, responsable, influyente y confiable, permitiendo desarrollar un sector con legalidad, emprendimiento y equidad en el país. Este esfuerzo, además, se centra en la visión estratégica de negocio,

los procesos productivos, fortalecimiento de las competencias y habilidades del recurso humano en temas técnicos y ambientales, orientados al uso de tecnologías limpias para el beneficio de minerales con buenas prácticas en los procesos mineros de transformación y beneficio, lo cual redundará en el emprendimiento laboral y el mejoramiento de las condiciones sociales, ambientales y de salubridad tendientes a un desarrollo sostenible del sector.

Una de las estrategias para lograr este propósito es la generación de conocimiento del recurso minero, el cual permitirá identificar no solo la potencialidad de un depósito mineral, entre ellos los auríferos, sino también contar con una caracterización mineralógica que permita establecer rutas metalúrgicas para un mejor aprovechamiento



adaptaciones, mejoramientos e implementaciones de nuevas tecnologías en la operación minera y su beneficio. Es así, como el MME junto con aliados estratégicos, como el Servicio Geológico Colombiano -SGC-, ha venido realizando este tipo de caracterizaciones obteniendo como resultado a la fecha diez (10) "Guías Metodológicas para el Mejoramiento Productivo del Beneficio de oro" publicadas y cuatro (4) en elaboración, con las cuales se logra el mejoramiento productivo del beneficio de minerales. Con este compromiso de aportar a través de la generación del conocimiento y mejoramiento en los procesos productivos, como se describe en el segmento III de este artículo, desarrollamos en el norte del Cauca un proceso en el cual se compara la recuperación de oro obtenida antes y después de la intervención. Este proceso que, resulta aplicable en todas las escalas de la minería y contribuye en la solución de la necesidad que tiene el país de fomentar alternativas tecnológicas de producción más limpia para los procesos de beneficio, constituye un servicio que hace parte del programa de Fomento Minero.

Palabras Clave

Beneficio, Fomento, Mineralogía, Producción Limpia, Conocimiento.

Abstract

Within the strategic goals of the Ministry of Mines and Energy (MME) is the development of a Mining Promotion program these objectives are proposed in the National Development Plan "Pact for Colombia, Pact for Equity", the proposed objectives seeks to consolidate the mining activity with a create a business vision that line is in with the challenges of social, environmental, business and technical responsibility in its

development.

The framework of the fundamental attributes that this program intends to visualize for our mining population, it is to achieve a legal, entrepreneurial, responsible, influential and reliable operator, allowing the development of a sector with legality, entrepreneurship and equity in the country. This effort is also focused on the strategic business vision, seeking among other things to diversify the mineral matrix and increase production through the provision of various services in technical assistance and support on issues related to the mining resource, production processes, strengthening the skills and abilities of human resources in technical and environmental issues, oriented to the use of clean technologies for the benefit of minerals with good practices in the transformation and benefit mining processes, which results in the labor entrepreneurship and improvement of social, environmental and health conditions aimed at sustainable development of the sector.

One of the strategies to achieve this purpose is creative of a knowledge base of the mining resource, including gold deposits but also having a mineralogical characterization that allows establishing metallurgical routes for a better rational use of the resource, leads to adaptations improvements and implementations of new technologies in the mining operation and its benefit. Thus, the MME, together with strategic allies, such as the Colombian Geological Survey -SGC-, has been carrying out this type of characterization, obtaining as a result ten (10) published "Methodological Guides for the Productive Improvement of the Gold Processing" and four (4) in elaboration, with which the productive improvement of the mineral benefit is achieved. With this commitment to contribute through the genera-

tion of knowledge and improvement in production processes, as described in segment III of this article, we developed a process in the north of Cauca in which the recovery of gold obtained before and after the intervention. This process, which is applicable at all mining scales and contributes to solving the country's need to promote cleaner production technology alternatives for beneficiation processes, constitutes a service that is part of the Mining Promotion program.

Key Word

Benefit, Promotion, Mineralogy, Clean Production, Knowledge

Introducción

Este artículo parte de los esfuerzos que a corto y mediano plazo se ha propuesto el Ministerio de Minas y Energía, los cuales están enmarcados en los objetivos del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 “Pacto por Colombia, Pacto por la Equidad”, que para el sector son: i) consolidar el sector minero energético como dinamizador del desarrollo de territorios sostenibles; y ii) promover el desarrollo y competitividad de la industria minero-energética, donde se destaca el sector minero como uno de los motores de crecimiento económico para el país, al tiempo que prevé el diseño e implementación de estrategias y mecanismos que contribuyan a su fortalecimiento para que cumpla con los estándares técnicos, de seguridad minera, laborales, económicos y medioambientales (Minenergía, 2020).

Segmento I:

Transformación Sectorial Con Fomento Minero

En desarrollo de uno de los pilares de trabajo trazados por el MME, relacionado con la legalidad y el fomento

en el sector minero, se avanza en la conceptualización, diseño y puesta en marcha de un programa de fomento minero, como elemento fundamental en la generación de la estrategia de negocio minero y como herramienta para impactar en el mejor desempeño empresarial de los operadores mineros del país.

Esta iniciativa de transformación minera incluye los esfuerzos que se vienen realizando para lograr el tránsito a la legalidad de un segmento importante de operadores mineros que tienen vocación de formalizar sus operaciones desde la perspectiva minera y ambiental. Así mismo, incluye la consolidación y acompañamiento a proyectos mineros de cualquier escala que aporten a la diversificación de la canasta minera nacional, por cuanto el fomento estaría orientado a atender el gran segmento de titulares mineros con quienes se vislumbran importantes oportunidades de acompañamiento para mejorar su viabilidad.

Sin duda, una motivación para emprender esta iniciativa sobre fomento minero está relacionada con la importancia que tiene el sector minero para Colombia y sus regiones, que en cifras macroeconómicas puede resumirse en estos datos: 1,6% del PIB, 350 mil empleos directos, más de un millón de empleos indirectos, 20% de las exportaciones, 13% de la inversión extranjera directa y 20% de las regalías (en 2019 aportó \$2,5 billones de pesos en regalías). (Minenergía, 2020)

Así, impulsar la transformación minera requiere fortalecer la función de fomento a la minería con miras a contar con los mejores operadores mineros con visión de negocio. Para esto, se ha diseñado este programa de fomento minero, entendido como uno de varios



instrumentos de la política minera del país, cuya conceptualización, premisas de trabajo, objetivos y diseño programático y operativo, incluye el recurso minero. Un mejor conocimiento permite lograr un mayor aprovechamiento racional de los minerales, donde un elemento fundamental es aunar esfuerzos para contar con la caracterización de los depósitos minerales con los que cuenta el país.

aplicando, como ha sido el caso de la minería aurífera, para enriquecerlo con un enfoque de negocio y competitividad. Esto con el fin de que Colombia cuente en el futuro con un sector orgulloso de sus mineros y mineras legales, emprendedores/emprendedoras, responsables, influyentes y confiables, atributos que, tal como se ha indicado en este artículo, hacen parte del objetivo aspiracional del MINERO 5.



Segmento II:

Caracterización Mineralógica, Oportunidad para el Mejora- miento Tecnológico en la Minería Aurífera del País.

En razón a las brechas identificadas en el sector y la necesidad de conocimiento del recurso minero en territorio, el programa de fomento incluye elementos relacionados con el “recurso minero / gestión ambiental” y el desarrollo de las líneas estratégicas de asistencia

La conceptualización de una nueva visión del fomento minero responde al propósito superior del Gobierno nacional de transformar la minería del país para convertir la riqueza del subsuelo en riqueza del suelo, apalancar el desarrollo en las regiones, traer la institucionalidad al territorio de manera coordinada y consolidar empresas que generen empleos formales y cumplan con los más altos estándares técnicos, de seguridad y de responsabilidad ambiental y social, que las conduzca a ser sostenibles, viables y rentables. De otro lado, se espera contribuir a superar problemáticas existentes en el sector minero, eliminar barreras y brechas técnicas y complementar el énfasis en asistencia técnica que se ha venido

técnica, investigación y desarrollo. Como acción en curso, el SGC y el MME trabajan en un aporte investigativo orientado a impulsar la implementación de tecnologías eficientes en el proceso de beneficio de oro, partiendo del conocimiento geo-metalúrgico de los yacimientos mineros. En línea con lo anterior, el MME viene trabajando en el mejoramiento productivo del beneficio de oro de una manera más limpia mediante alternativas tecnológicas, permitiendo un mejor aprovechamiento del mineral, mayor eficiencia y productividad, todo ello fundamentado en la profundización del conocimiento geológico, metalogénico,

mineralógico, metalúrgico y físico-químico de los depósitos minerales, en alianza con entidades adscritas al sector además de universidades, cooperantes, SENA, entre otras.

Como resultado del trabajo conjunto entre el MME y el SGC, se logró la construcción de guías metodológicas en zonas de Antioquia, Bolívar, Caldas, Cauca, Córdoba, Chocó, Huila, Nariño y Risaralda. Estas indican la situación actual de la zona minera abordada, la metodología de trabajo, aspectos geológicos, metalúrgicos, químico y ambientales, para finalmente indicar una propuesta de ruta metalúrgica y estudio económico y financiero. Vale la pena resaltar que la guía metodológica no se centra solamente en definir elementos tecnológicos, sino que indica aspectos para realizar un análisis económico y financiero riguroso, con el fin de establecer la conveniencia de emprender exitosamente un proyecto minero y efectuar una asignación eficiente de recursos.

Segmento III:

Estudio De Caso: Zona Norte Del Cauca

En este segmento se tomará como referencia la guía metodológica llevada en el 2017 en Cauca, específicamente en la zona aurífera enmarcada por Suárez, Buenos Aires y El Tambo, ubicados en el valle del río Cauca sobre el piedemonte oriental de la cordillera occidental.

Cabe resaltar que estos municipios registran producción de oro históricamente, reportando para la vigencia del 2019, 606,032 gr de oro, correspondiente al 70% de la producción total del Cauca (UPME, 2020).

Esta guía está conformada por cinco (5) capítulos, a saber: i) geológico; ii) metalúrgico; iii) químico-ambiental; iv) ruta metalúrgica; y v) estudio económico y financiero, los cuales obedecen al resultado del análisis de muestras tomadas en zonas mineralizadas, plantas de beneficio, relaves, sedimentos y quebradas.

El primer capítulo se fundamenta en el conocimiento de la composición mineralógica de los depósitos, ya que estos determinan el comportamiento de las menas en los procesos de beneficio. Para el caso del estudio descrito, se confirmó que las alteraciones hidrotermales se encuentran restringidas a las zonas de contacto con cuerpos intrusivos y zonas de fallas. Dichas alteraciones se complementan con un área de alteración de la roca supérgena (meteorización superficial), lo cual conlleva a determinar tres (3) tipos de unidades geometalúrgicas a analizar:

Figura 2. Panorámica de la Cordillera Occidental donde se ubica la zona minera de Suárez, Buenos Aires y El Tambo (Cauca)

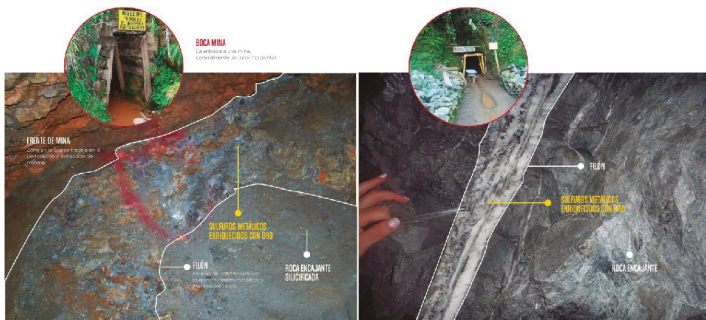


Fuente: Guía metodológica; Suárez, Buenos Aires y El Tambo



- La primera, considerada de alta complejidad mineralógica, corresponde a aquellas menas con altos contenidos de pirrotina, pirita framboidal, calcopirita y arsenopirita, ya que estos minerales interfieren en la cinética de la cianuración. A este grupo pertenecen las minas de Buenos Aires del sector de Higuerillos, Pailas y Loma Alta, localizadas a lo largo del río La Teta, sobre el borde occidental del cuerpo ígneo de Santa Catalina. En Suárez se incluyen las minas del borde oriental del cuerpo magmático de Pasobobo, en la vereda La Turbina. Fuente: Guía metodológica; Suárez, Buenos Aires y El Tambo MME-SGC (2017).
- La segunda es de complejidad menor frente a la

Figura 3. Diagrama frente de mina unidad geometalúrgica 1



Fuente: Guía metodológica; Suárez, Buenos Aires y El TamboMME-SGC (2017)

primera, con una tendencia de mineralización compuesta por una menor proporción de pirrotina, calcopirita y arsenopirita, y mayor cantidad de pirita, cuarzo y carbonatos; contiene menos minerales reactivos en cianuración y corresponde con menas auríferas de menor complejidad. A este grupo pertenecen las minas alejadas de los focos principales de mineralización, y se incluyen la mina La Vetica en Buenos Aires, y las minas de Maravélez y El Danubio, en Suárez.

Figura 4. Diagrama frente de mina unidad geometalúrgica 2.



Fuente: Guía metodológica; Suárez, Buenos Aires y El TamboMME-SGC (2017)

- La tercera y última tendencia de mineralización, considerada de baja complejidad mineralógica, compuesta principalmente de pirita y cuarzo, salvo la presencia de telururos asociados con oro, que se encuentran en baja proporción y pueden generar retardos en la lixiviación del oro, están incluidas en las minas de El Tambo, en el sector de California y San Francisco.

Figura 5. Diagrama frente de mina unidad geometalúrgica 3.



Fuente: Guía metodológica; Suárez, Buenos Aires y El TamboMME-SGC (2017)

Además del análisis geometalúrgico, se determinó la distribución granulométrica del oro en veta, identificándose un tamaño fino menor de 100 μm , y algunos granos individuales de mayor tamaño, que alcanzan los 250 μm en Buenos Aires, 150 μm en Suárez y los 250 μm en El Tambo.

De acuerdo con los resultados, en el segundo capítulo se abordan temas metalúrgicos, resaltando la importancia del proceso de conminución (trituración y molienda), primera etapa en el procesamiento de minerales. A este proceso se acreditan varios intereses: producir partículas de tamaño y forma adecuados para su utilización directa; liberar los minerales valiosos de la ganga, con el objetivo de ser concentra-

dos mediante procesos físicos y/o químicos; y, por último, aumentar el área superficial disponible para reacción química, las cuales se deben realizar por etapas para reducir los costos de energía. La reducción en una sola etapa incurre en mayores gastos energéticos y costos de operación debido al mayor desgaste de los equipos.

Es de mencionar que en el análisis de la zona de estudio no se aplicaba trituración

secundaria en el proceso de beneficio, por lo que se recomendó y acogió llevar a cabo las dos operaciones unitarias (trituración primaria y secundaria), lo cual evita gastos innecesarios de energía, demoras en el tiempo de operación y permite un mayor control de la molienda. En las figuras 3 y 4 se ilustra el diagrama de flujo que los mineros estaban desarrollando y la propuesta establecida en el estudio para las unidades geometalúrgicas dos y tres.

En el análisis de tamaño de partícula, los resultados arrojaron que, en un rango de 106 a 75 micrones, el 75% de los sulfuros estaban liberados. Mientras, en un tamaño de 45 micrones se liberó el 90%. Lo anterior

demostró que la remolienda ultrafina (<20 micras) es fundamental para alcanzar recuperaciones superiores al 90% en la cianuración.

El diagrama de flujo descrito en la figura 4 se fundamenta en tener un medio de concentración gravimétrico para clasificar el material, recuperar el oro grueso por refinación y posteriormente remoler las arenas del

Figura 6. Diagrama de Flujo Proceso antes de intervención

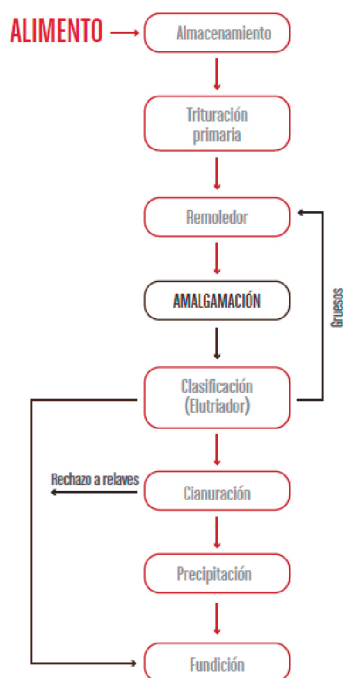
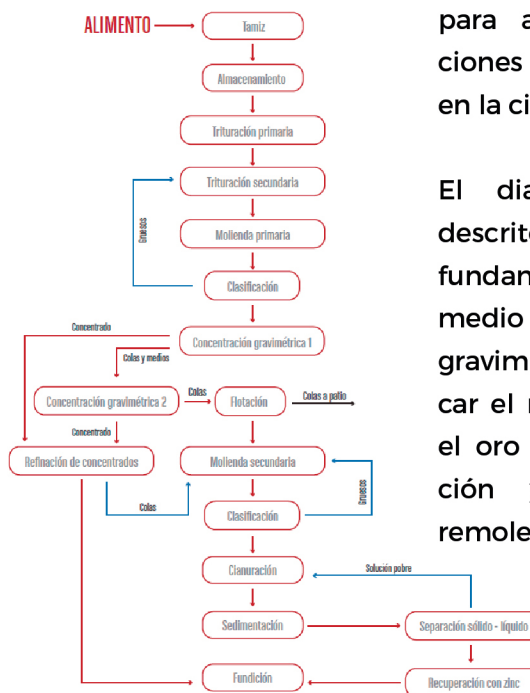


Figura 7. Diagrama de Flujo Proceso planteado unidades geometalúrgicas dos y tres



Fuente: Guía metodológica; Suárez, Buenos Aires y El TamboMME-SCG (2017)



En el tercer capítulo se abordan aspectos químicos-ambientales, que establecen el tratamiento a implementar para las soluciones residuales del proceso, enfocándose en la descomposición de cianuro libre con peróxido de hidrógeno y la descomposición de cianuros complejos con la coprecipitación de metales utilizando sulfato ferroso, para así cumplir con la reglamentación establecida en el Decreto 631 de 2015 sobre la descarga de vertimientos generados por actividad minera. También se determinó realizar un lavado de las arenas residuales generadas en los procesos de beneficio de minerales que presentan bajas concentraciones de calcio antes de disponerlas en los relaves. Considerando la caracterización geológica descrita y los análisis técnicos, se implementan tres (3) estrategias metalúrgicas para producción más limpia, así: i) obtención de concentrados de sulfuros metálicos como: pirita, pirrotina, calcopirita y arsenopirita junto con el oro para comercializarlo como concentrado de oro y metales; ii) extracción del oro por medio de métodos gravimétricos y químicos; y iii) extracción de oro grueso por gravimetría y venta del rechazo. El resultado del estudio se viene implementando por la comunidad minera de la zona, toda vez que se logró constatar el aumento de la recuperación de oro en un 18%, con la implementación de las rutas descritas en la Guía Metodológica. De acuerdo con lo expuesto, se evidencia la importancia de la generación de conocimiento sobre recurso minero, el cual busca optimizar no solo el aprovechamiento del mineral de oro, sino también disminuir los impactos, siendo necesario continuar con la generación de alianzas estratégicas tanto con las entidades del Estado como con cooperantes internacionales y los habitantes del



territorio. Esto permite impulsar un desarrollo armónico y sustentable de la actividad, toda vez que el conocimiento del recurso es la base para el mejoramiento productivo.

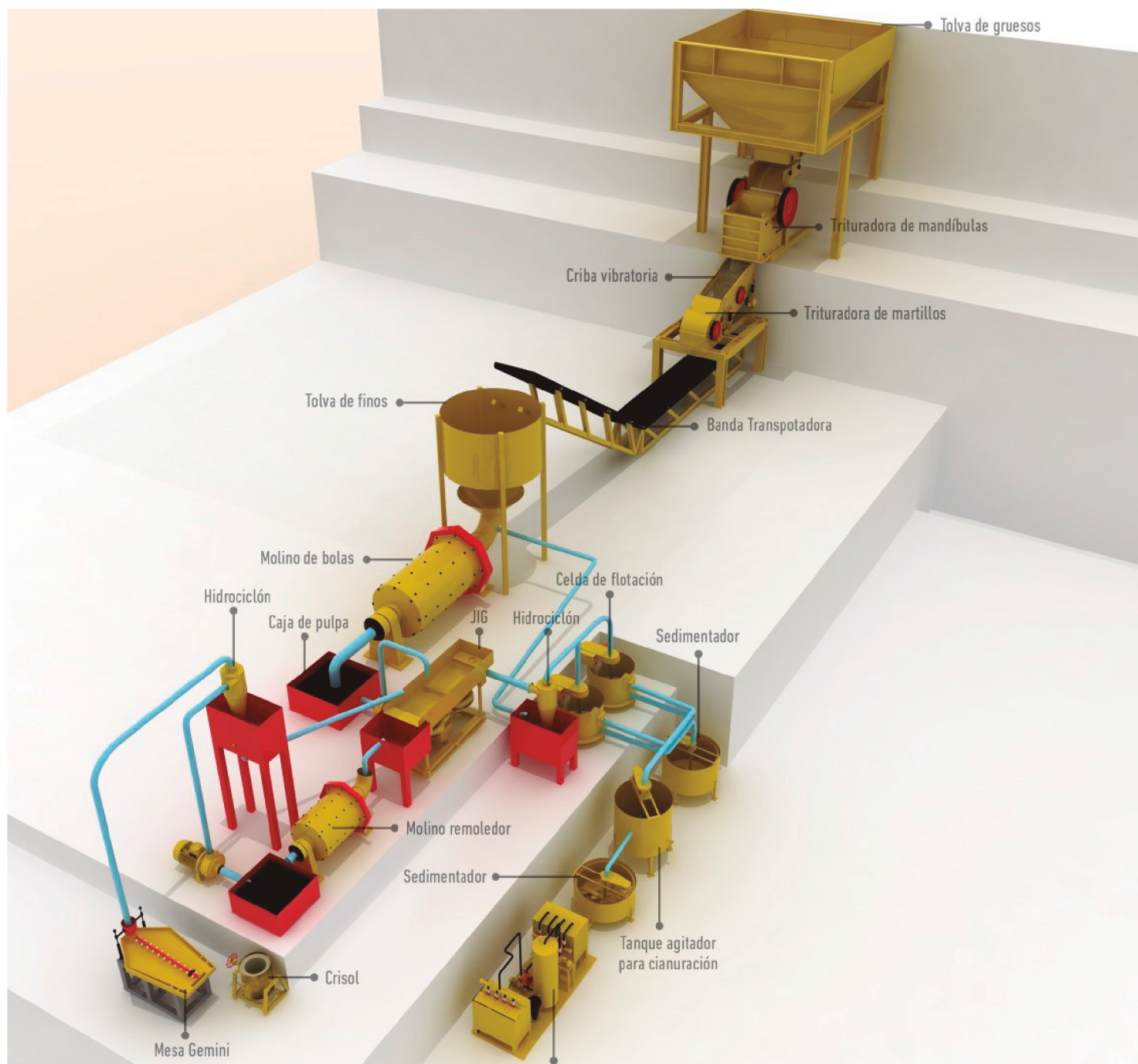
Conclusiones y Recomendaciones

- De acuerdo con lo planteado en el artículo, el eje de legalidad y fomento plantea cumplir el precepto de este gobierno de desarrollar un sector con legalidad y emprendimiento que genere equidad en el país. Esto dentro de una visión estratégica del negocio minero que permita lograr un ideal de empresario minero y una contribución efectiva al desarrollo local.
- Se recomienda tener como base la generación del conocimiento del recurso minero, para cualquier proceso ya que permitirá identificar la potencialidad de un depósito mineral, contar con una caracterización mineralógica que establezca rutas metalúrgicas para un mejor aprovechamiento racional del recurso.
- Cabe resaltar la importancia del trabajo mancomunado con aliados estratégicos que permiten realizar aportes investigativos, orientados a impulsar la implementación de tecnologías eficientes en el proceso de beneficio de oro, partiendo del conocimiento geo-metalúrgico de los yacimientos mineros con la finalidad de aumentar la productividad aurífera de manera sostenible.

Bibliografía

- SGC Y MME. (Junio de 2018). Ministerio de Minas y Energía y Servicio Geológico Colombiano. Obtenido de <https://www2.sgc.gov.co/Publicaciones/Cientificas/NoSeriadas/Documents/guia-metodologica-para-el-mejoramiento-productivo-del-beneficio-del-oro-sin-el-uso-del-mercurio-sua-rez-buenos%20aires-el-tambo-cauca-digital.pdf>
- UPME. (21 de Septiembre de 2020). Unidad de Planeación Minero Energética. Obtenido de <https://www1.upme.gov.co/simco/Cifras-Sectoriales/Paginas/oro.aspx>
- MMM. (2020). Ministerio de Minas y Energía, Dirección de Formalización Minera.

Figura 8. Ruta Metalúrgica.



Fuente: Guía metodológica; Suárez, Buenos Aires
y El Tambo MME-SCC (2017)

EMPRE

Si está interesado en aprendices o Contáctanos!

Ana Milena Arteaga González

Coordinador Académico

Tel.: +57 (4) 576 0000 Ext. 45103

E-mail: semolina@sena.edu.co

Luis Carlos Pineda Montiel

Coordinador de Formación

Tel.: +57 (4) 576 0000 Ext. 45126

E-mail: lcpineda@sena.edu.co

Mary Yanet Vargas Valencia

Líder de Etapa Productiva y Contrato de Aprendizaje

Tel.: +57 (4) 576 0000 Ext. 45213

E-mail: myvargasv@sena.edu.co

Laura Cristina Chica Daza

Líder de Agencia Pública de Empleo

Tel.: +57 (4) 576 0000 Ext. 45127

E-mail: lchica@sena.edu.co



**Centro de Formación
Minero Ambiental**
Regional Antioquia - El Bagre



RESUMEN

egresados SENA para su empresa...



El empleo
es de todos

Mintrabajo



www.sena.edu.co



Trabajar de la Mano con las Comunidades, Clave del Éxito de Gran Colombia Gold.

RUTA MINERA

UN CAMINO A LA MINERÍA BIEN HECHA



FOTO TOMADA: PIXABAY.COM



Autor:
César Medina Agudelo
Gerente de Asuntos Externos
Gran Colombia Gold

Introducción

La Responsabilidad Social Empresarial, dejó de ser una cuestión de filantropía, para ser evidenciada dentro de la estrategia corporativa. Ahora nos basamos en la buena ciudadanía, la cual quiere mantener unos altos

estándares de ética, integridad, cumplimiento de la ley y buen gobierno donde al mismo tiempo se desarrolla el negocio, de una forma que sea compatible con las expectativas de las comunidades, generando desarrollo económico y social, consultando las necesidades de los grupos de interés y trabajando conjuntamente, bajo parámetros de confianza y transparencia. El progreso de una empresa debe ser rentable, pero también consecuente con las acciones sociales y ambientales que impactan la comunidad donde está instalada, lo que significa la adopción de políticas, normas y ejecución de planes, que vayan unidos a las expectativas sociales del entorno, pues su actuar se asume en un escenario de corresponsabilidad y conexión con la mejora de la calidad de vida de los empleados y de la comunidad en general. La Compañía Gran Colombia Gold, con actividades mineras en el municipio de Segovia y Remedios, asumió desde el 2013, a través de la Fundación Gran Colombia Gold, varias iniciativas de Buena Ciudadanía, que han significado además de la gran inversión, un reto para la vinculación exitosa de la comunidad con una influencia positiva en su calidad de vida y nivel de cercanía con cada uno de sus habitantes.

Gran Colombia Gold entiende la minería bien hecha como el motor del progreso de las regiones donde opera. Lo que implica generar confianza en las comunidades, y dar a conocer la minería como un sector que impacta positivamente y construye país por medio de una actividad tecnificada con estándares internacionales que aporta a la creación de empleo, pago de impuestos, regalías e inversión social.



Minería Responsable

Los proyectos auríferos se presentan como un factor determinante para el futuro minero del país. Antioquia históricamente ha sido pionera de la actividad minera en Colombia, su riqueza en oro ha impulsado el desarrollo económico y social de la región. El departamento genera el 41% del metal que produce Colombia siendo Gran Colombia Gold uno de los principales productores con sus operaciones en el nordeste antioqueño. La intención del Gobierno Nacional es que Colombia duplique para 2030 su producción nacional de oro a 60 toneladas.

Para alcanzar esta meta se debe desarrollar actividades mineras altamente tecnificadas, que en adición tengan un compromiso a largo plazo y trabajen de la mano de las comunidades donde operan con proyectos sostenibles y donde Gran Colombia Gold ha querido involucrar: educación, infraestructura, salud, formalización minera, inclusión y biodiversidad, donde el objetivo es la identificación de necesidades de la población y conducción a su desarrollo.

Gran Colombia Gold aportó más de 60 millones de dólares en impuestos y regalías en los últimos 10 años, en los departamentos de Antioquia y Caldas. Actualmente la compañía genera más de 1800 empleos directos y temporales de los cuales se beneficia más de 4.000 familias que dependen de la operación en la región. En momentos donde la mayoría de los sectores productivos se han visto afectados por el COVID-19, Gran Colombia Gold ha logrado mantener sus operaciones y mantiene una operación constante para alcanzar las metas del 2020. Con una producción total de 162.929 onzas de oro

(5,06 toneladas) al cierre del tercer trimestre del año 2020, la empresa está en camino de cumplir sus pronósticos de producción anual de un rango entre 218.000 y 226.000 onzas (6,78 toneladas y 7,02 toneladas) lo que significa una contribución importante para el flujo económico departamental y nacional.

Gran Colombia Gold sigue comprometida con operaciones seguras, además de apoyar las comunidades donde tiene presencia. La inversión en la minería es intensiva en capital y generación de empleo, lo que ayuda a la recuperación económica del país. Cabe resaltar el impacto positivo que generan las alianzas entre empresa privada, el Gobierno Nacional, alcaldías locales, comunidades, las entidades sin ánimo de lucro. Este trabajo en conjunto permite focalizar los recursos y ponerlos en beneficio de las comunidades.

Además de alcanzar unas metas corporativas de producción se debe ser un buen vecino corporativo lo que implica alinear las iniciativas sociales con las necesidades de las comunidades, apoyando los actores que tienen presencia en el territorio, para aumentar el alcance de las acciones. Durante los últimos 10 años, Gran Colombia Gold ha contado con aliados que han contribuido a que la minería bien hecha sea el motor del progreso del nordeste antioqueño.

Buen Vecino Corporativo

A través de la iniciativa Encadenamiento productivo de la Pequeña Minería la empresa ha alcanzado la firma de más de 56 contratos de operación, lo que implica más de 2600 mineros formalizados y un

impulso al pequeño minero de los municipios de Segovia y Remedios, en el departamento de Antioquia, proyectos que combaten la minería ilegal y ayudan con el medio ambiente. Con la formalización minera se ha logrado erradicar más de 137 toneladas de mercurio en la región.

Gran Colombia Gold cree en la educación como eje de progreso y con la iniciativa, Educación para el desarrollo, ha remodelado más de 15 instituciones en los municipios de Segovia y Remedios y en alianza con la Fundación Angelitos de Luz ha desarrollado el proyecto educativo más grande del nordeste antioqueño, la Institución Educativa Gimnasio La Salada, donde más de 4.000 niños han sido becados desde el año 2012. Además, Gran Colombia Gold adelanta el programa de bilingüismo en la institución donde con el acompañamiento de profesores nativos de Estados Unidos y Canadá, se busca la certificación internacional de un modelo educativo que se basa en la promoción de los valores, la formación en ciencia, matemáticas y tecnología y el involucramiento de los padres y maestros. Al mismo tiempo a través de la alianza con el SENA se entregó a la región el CENTRO TECNOLÓGICO MINERO AGROEMPRESARIAL SENA-GRAN COLOMBIA GOLD para ofrecer una oferta educativa a los más de 180 mil habitantes de la región.

Con la iniciativa Infraestructura para el desarrollo, la Compañía ha mejorado las vías de acceso a los municipios de Segovia y Remedios y ha creado una red vial para comunicar veredas alejadas del casco urbano de los municipios y su intención es mejorar la movilidad a través de construcción de placa huellas, glorietas, senderos peatonales y todo que lleve a una

calidad de vida con mejor acceso a sus hogares y lugares de trabajo. Con la Iniciativa Biodiversidad y Agua para el Futuro, el proyecto Haciendo Curuná, se construye el vivero más grande del Nordeste Antioqueño, donde ya se han sembrado 150 hectáreas de cacao, de un área total a sembrar de 500 hectáreas en los próximos 5 años. Son más de 158 mil plántulas de cacao, árboles nativos, maderables y hortalizas ya sembrados en este proyecto en el municipio de Remedios. Además, Gran Colombia Gold en su compromiso de compensación forestal, en el periodo del 2013 a 2020 sembró 11.929 árboles, lo que equivale a 16 hectáreas de bosque.

En Gran Colombia Gold se promueve la equidad de género y con la Iniciativa de Mujeres Líderes y Emprendedoras, se capacitan mujeres locales con cursos que les permitan desarrollar habilidades para obtener independencia económica. Entre los proyectos más importantes están Tapabocas por la Vida, que comenzó en el mes de junio de 2020, a raíz de la contingencia por el Covid-19, donde se contrataron a mujeres costureras de Segovia y Remedios para elaborar 300 mil tapabocas para ser donados a la comunidad del departamento de Antioquia. El proyecto cumplió con el propósito de: activar la economía local y proteger con tapabocas a la comunidad. Cerrando con otro tópico de gran importancia, tenemos la salud para la comunidad y con la Iniciativa Salud, Bienestar y Protección a la Cultura, se promueven jornadas de vacunación para niños, reconstrucción del hospital de Remedios, espacios para el Adulto Mayor y se entiende la salud desde todos los frentes, incluido el de los animales del nordeste, es por esto, que Gran Colombia Gold



creó un refugio animal para protección de los mismos para evitar enfermedades. Constantemente la compañía hace parte de los eventos y fiestas que propenden por mantener una cultura minera responsable y bien hecha.

Aporte de Gran Colombia Gold en la Contingencia Ocasionada por el Covid-19

En Gran Colombia Gold entendemos la importancia que tiene la actividad minera en los lugares donde tenemos presencia, es por ello que hemos contribuido a mitigar los efectos económicos ocasionados por la contingencia de COVID-19 en los municipios de Segovia y Remedios, con el aporte de más de 2 millones de dólares en ayudas alimenticias, acondicionamiento de hospitales, elementos de bioseguridad, y pruebas confirmatorias de COVID-19 buscando preservar la salud de los habitantes donde se tiene presencia, además del apoyo a instituciones del país.

Aporte de Gran Colombia Gold Durante 10 Años

Durante los últimos años, la compañía ha aportado más de 56 mil millones de pesos en inversiones sociales por medio de sus iniciativas de sostenibilidad y buena ciudadanía y proyectos desarrollados de la mano de las comunidades y las alcaldías locales, con el propósito de trabajar juntos por el progreso de la región. Gran Colombia Gold genera estrategias para posicionar la legalidad y la minería bien hecha como

una labor ejemplar, alcanzable y beneficiosa para las comunidades. La percepción del impacto de la RSE en la comunidad y frente a esta subcategoría, está relacionada con el cambio y la transformación, con una visión a futuro y construcción de proyecto de vida



FOTO TOMADA DE: PIXABAY.COM

a partir de la extracción y del trabajo realizado por los mineros, que parece que trasciende la concepción inmediata de la ganancia y se instala en todo el proceso productivo, con el interés de mantener la curva y beneficio en el tiempo.

La compañía Gran Colombia Gold sigue trabajando estratégicamente desde la Responsabilidad Social Empresarial en la formación y autogestión de la comunidad con los problemas y la solución de los mismos y que al mismo tiempo conlleve a una operación continua de la mano con las comunidades como se ha logrado en los últimos años. Además, implementar un trabajo social donde se puedan propiciar incluso, la generación de ideas, propuestas o programas por la misma comunidad para su propia sostenibilidad.

Referencias

- Aguilera, A., & Puerto, D. (2012). Crecimiento empresarial basado en la Responsabilidad Social. Pensamiento y Gestión, 1-2
- Balza, V., & Cardona, D. (2015). La Responsabilidad Social Empresarial y la lucha contra la pobreza. Revista Saber, Ciencia y Libertad, 115-124
- Castellanos-Castillo, J. R., & Castellanos-Machado, C. A. (2010). El fortalecimiento de la imagen empresarial a través de la gestión del comportamiento corporativo socialmente responsable. Contribuciones a la Economía
- Gran Colombia Gold. (s.a.3). Segovia y Remedios. Obtenido de <http://grancolombiagold.com.co/segovia-y-remedios/>
- Gran Colombia Golden. (15 de marzo de 2018). Informe de Gestión Fundación Gran Colombia Golden 2018. Obtenido de <http://grancolombiagold.com.co/gcg2/wp-content/uploads/2019/04/Informe-de-Gestion-2018.pdf>



PROYECTO SENNOVA: DESARROLLO DE MATERIALES DE LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN A PARTIR DE SUELOS DEGRADADOS Y RELAVES MINEROS, COMO PARTE DEL PROCESO DE RECONVERSIÓN LABORAL EN EL BAJO CAUCA.



Minería 4.0 en Materiales de Contrucción.

Mining 4.0 in building materials.

Resumen

El éxito de la transformación digital en minería depende del conocimiento detallado de los procesos, equipos y como se interrelacionan entre sí; así mismo, es necesario que el diseño e implementación de la solución sea a la medida de cada necesidad y de esta manera, cumplir las metas propuestas. El propósito de este proyecto era lograr la automatización de la planta de beneficio de minerales y con ello la mejora en la productividad y los estándares de seguridad industrial de la operación minera. Los métodos implementados en la búsqueda de la solución óptima fueron el diagnóstico y caracterización de los procesos y equipos que componen la planta de beneficio, una vigilancia tecnológica, la selección de alternativas y el desarrollo de una solución innovadora a través de la cocreación entre el sector minero y el sector TIC's del país. De esta manera se realiza la implementación de SCADA en la planta de producción de agregados en Girardota - Antioquia, la cual resulta siendo una excelente herramienta para monitorear en tiempo real la producción y de esta manera aumentar productividad y disminuir riesgos en el personal involucrado en la operación.

Palabras clave: Analítica de datos, Innovación, Productividad, Seguridad, Supervisión, Transformación digital.



Autores:

Sergio Escudero Restrepo

Ingeniero de minas y metalurgia

Lina Marcela González Martín

Ingeniera de productividad y calidad

Stephanie Álvarez Zuluaga

Ingeniera ambiental

Abstract

The success of the digital transformation in mining depends on the detailed knowledge of the processes, equipment and how they interrelate with each other, in the same way, it is necessary that the design and implementation of the solution be adapted to each need and in this way, meet the proposed goals. The purpose of this project was to automate the mineral processing plant and thereby improve the productivity and industrial safety standards in mining operation. The methods implemented in the search for the optimal solution were the diagnosis and characterization of the processes and equipment that make up the beneficiation plant, technological surveillance, the selection of alternatives and the development of an innovative solution through co-creation among the sector mining and the ICT sector of the country. Just like that, the implementation of SCADA is carried out in the aggregates production plant in Girardota - Antioquia, which turns out to be an excellent tool to monitor production in real time and thereby increase

productivity and reduce risks in the personnel involved in the operation.

Keywords: *Data analytics, Digitization, Innovation, Productivity, Safety, Supervision.*

Introducción

En minería, la productividad ha venido creciendo en los últimos años, además es percibida necesaria para lograr la compatibilidad de este sector con la sostenibilidad de los territorios y la disminución de los riesgos, la cual requiere esfuerzos sin fin para adaptar las actividades a condiciones cambiantes aplicando tecnologías emergentes. Dicho esto, la minería 4.0, también denominada minería conectada, asume la innovación tecnológica como

de las tecnologías 4.0 en la industria minera, así mismo que la cocreación es un proceso que facilita la innovación y el aprendizaje local. La metodología utilizada para el desarrollo del proyecto se cimienta en cinco fases, caracterización de proceso, vigilancia tecnológica, selección de alternativas, cocreación y diseño e implementación.

A través de esta metodología Industrial Concreto logró desarrollar una solución tecnológica conocida como SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition, por sus cifras en inglés (Ridriguez, 2007)), con un costo de inversión cinco veces menor a las soluciones ofrecidas por el mercado; cuyo resultado han sido el incremento en la productividad, disminución de riesgos para el personal y la lección



Ilustración 1. Planta de producción de materiales para la construcción.

eje principal del crecimiento, convirtiéndose en una forma correcta de ser más eficientes, competitivos y seguros en las operaciones. El objetivo del presente artículo es presentar a la comunidad del sector la importancia de la planificación en la implementación

aprendida para el sector minero de la importancia de conocer y caracterizar nuestros procesos como parte de la mejora continua de las operaciones que permiten visualizar oportunidades para ser más eficientes y sostenibles.



Metodología

La investigación dio inicio con la caracterización detallada del proceso minero en la planta de producción de agregados pétreos de la empresa Industrial Conconcreto, ubicada en el Municipio de Girardota (Antioquia) donde se explota un depósito aluvial cuyo principal uso son agregados de alta calidad para la elaboración de concretos. Para la ejecución del proyecto se definió una metodología que se presenta en la siguiente figura:

El proceso productivo se compone de tres etapas de trituración, la primera es a través de la trituradora de mandíbulas, seguido de la trituradora tipo cono y posteriormente con la trituración de molino de eje vertical acompañado de diferentes operaciones de clasificación por tamaño y lavado de los agregados. El resultado de la caracterización entregó importantes hallazgos que se convirtieron en retos del proceso que se resumen en los siguientes:

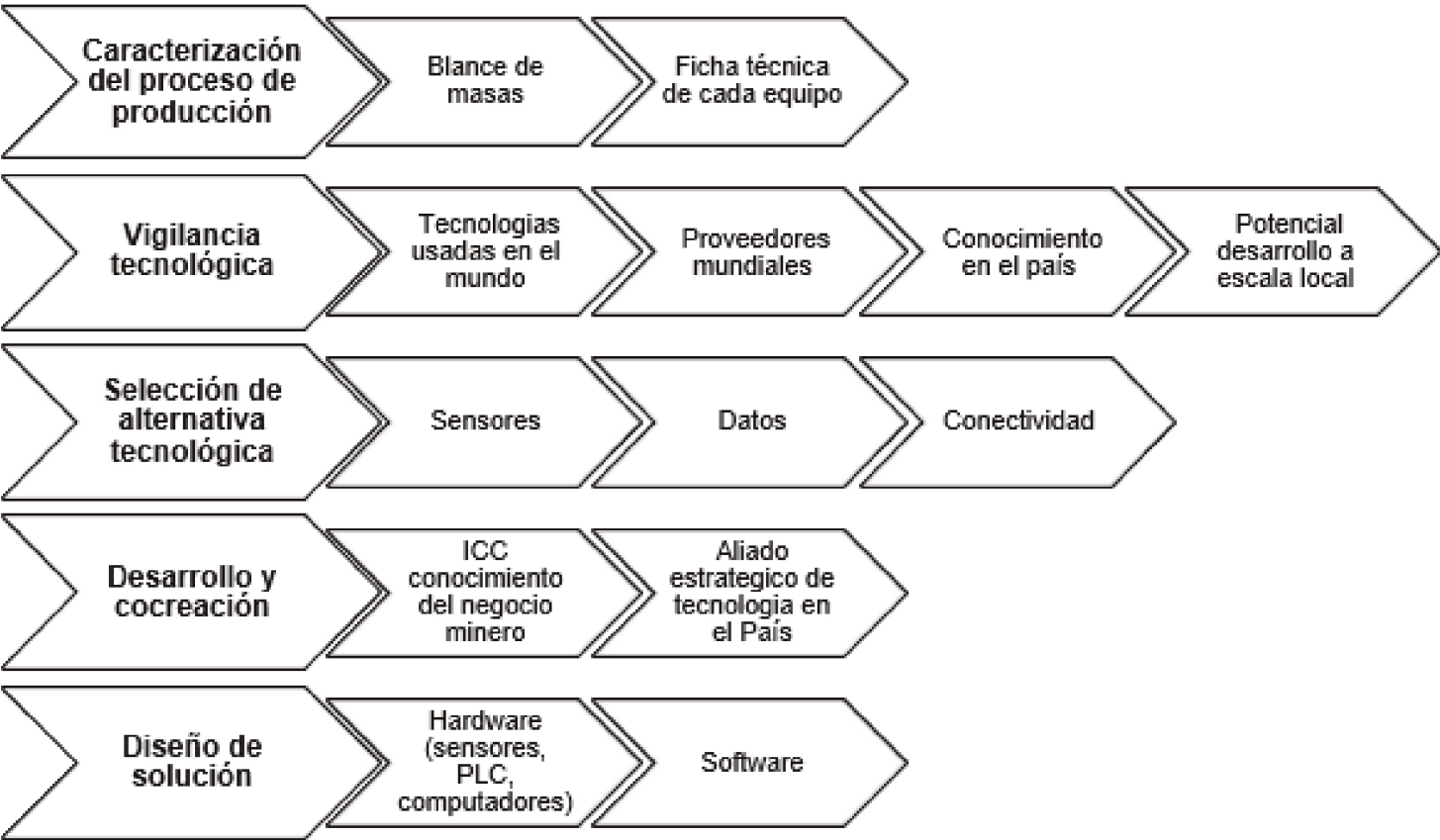


Figura 1. Fases del proyecto de investigación. Elaboración propia.

1. La operación de la planta de producción se ejecuta de manera manual y distribuida en tres posiciones geográficas diferentes de acuerdo a la disposición de los equipos principales (trituradoras).

2. Demanda de alta cantidad de mano de obra en procesos no automatizados.

3. La productividad es en gran medida dependiente de la habilidad y pericia del personal que opera los equipos.

4. Los registros de control de producción en peso y tiempos eran imprecisos e incompletos dado que es un registro subjetivo del operador de turno.

5. Las fallas en procesos o equipos solo se detectan cuando ocurre el evento, no se puede predecir con alguna información de operación.

6. La seguridad y salud de las personas en la operación presentan un mayor riesgo de accidentalidad por la operación manual y no conectada de los equipos.

Con un panorama claro de la situación del proceso, el equipo de trabajo inició la segunda fase de estudio, una vigilancia tecnológica que permitiera identificar las tecnologías y herramientas que brindaran la oportunidad de cerrar estas brechas y aumentar la productividad en la planta de producción. Es así como fueron identificadas tres tecnologías que podrían incorporarse a la operación para lograr los objetivos trazados.⁽¹⁾ (Mccrady, 2013):

- Instalación de sensores en diferentes equipos del proceso.

- Sistemas de recolección de datos.

- Sistemas de interconexión.

La integración de estos tres sistemas es lo que se conoce con el término SCADA y se refiere a la combinación de telemetría (tecnología que permite la medición remota de magnitudes físicas y el posterior envío de la información) y un operador humano, que puede intervenir en el proceso (Bayley y Wright, 2003).

Una vez identificada la oportunidad de mejora, los beneficios en el incremento de productividad y mejoramiento en las condiciones de seguridad industrial para las personas en la operación de la planta de producción de agregados; se dirigen todos los esfuerzos a buscar la viabilidad económica del proyecto, toda vez que los costos de inversión en la adquisición de esta tecnología eran elevados si la decisión fuera comprar la solución a los de este tipo de tecnología reconocidos internacionalmente, lo que impedía la factibilidad del proyecto desde la perspectiva financiera. Es allí, donde surge la iniciativa de desarrollar la tecnología a través de la cocreación con un proveedor nacional,⁽²⁾ para lograr diseñar una solución a la medida de las necesidades no solo operativas sino estratégicas de la Organización.

Inicialmente se necesitó un diseño del sistema y la forma de interconectar todos los sensores para que intervengan y generen la información que requiere el

(1) Las 3 tecnologías salen del análisis de los desarrollos de las siguientes empresas: ABB, Trimble y Metso.

(2) Ver página web www.frecuenciayvelocidad.com en la sección videos.



proceso para ser automatizado y controlado. El sistema fue diseñado en cocreación con el equipo de trabajo de Industrial Concreto y una empresa de ingeniería colombiana, con lo cual se logró reducir el

volumen de inversión 5 veces menos a lo ofertado en el mercado, resultado que produjo que el proyecto fuera viable desde lo técnico y financiero. A continuación, se presenta la arquitectura del sistema.

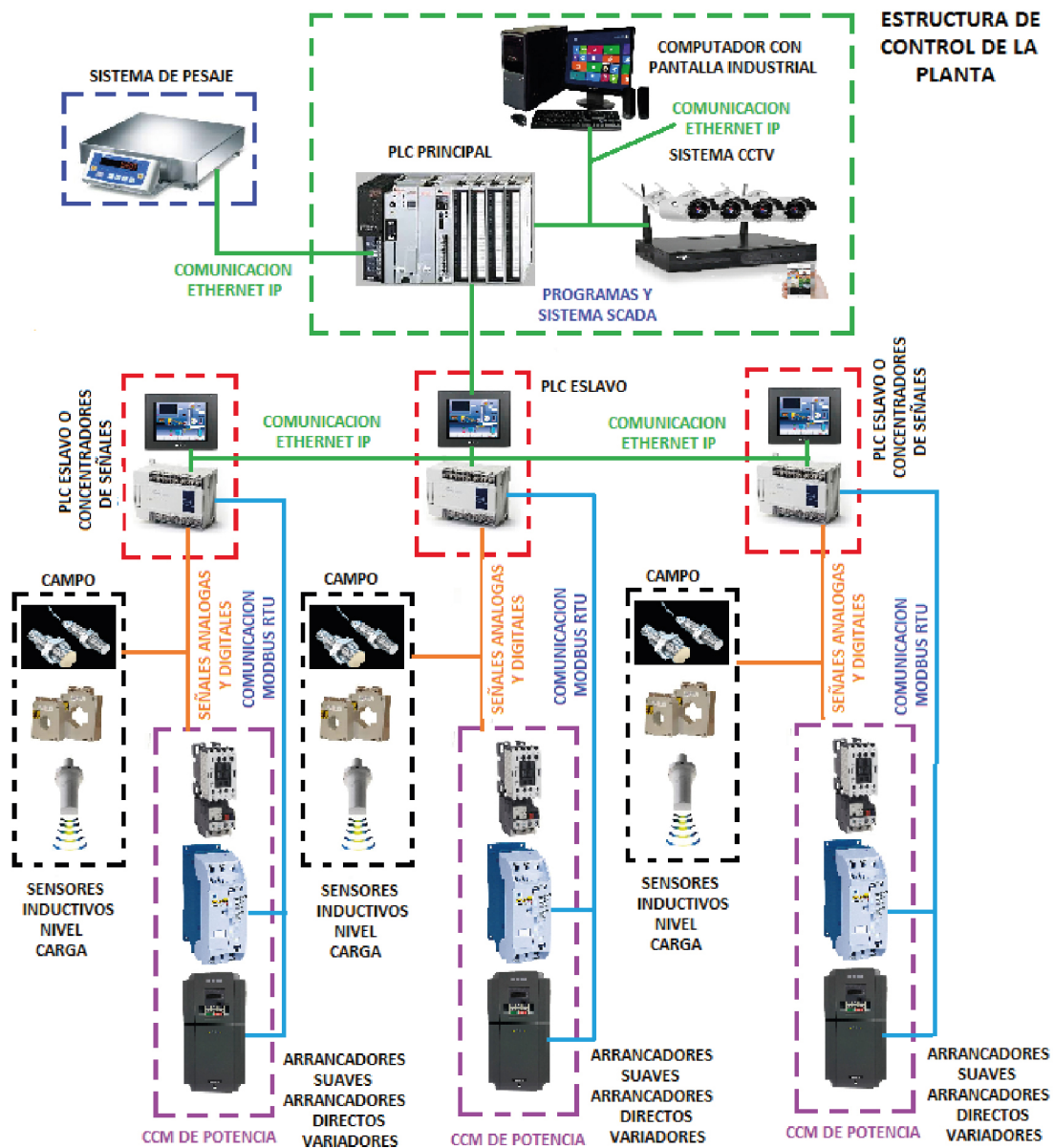


Figura 2. Arquitectura del sistema a la medida de las necesidades propias. Tomada de la propuesta económica de la empresa Frecuencia y Velocidad, 2018.

La solución diseñada permitía gestionar la producción de la planta a través de un computador industrial, un grupo de controladores lógicos programables, sensores y dispositivos que se comunican entre sí en tiempo real, logrando aumentar la eficiencia y productividad de acuerdo a la capacidad instalada. Con un valor agregado que permite la captura y almacenamiento de las variables de cada uno de los equipos que componen la planta y la aplicación de big data para analizar y predecir su comportamiento.

Resultados y discusión

La implementación de la solución tecnológica ha permitido automatizar la planta de producción, aumentar la productividad sustancialmente llevando los equipos al punto de máxima eficiencia a través del control de su capacidad con sistemas de pesaje dinámicos y el consumo eléctrico monitoreado,⁽³⁾ ver Figura 2.

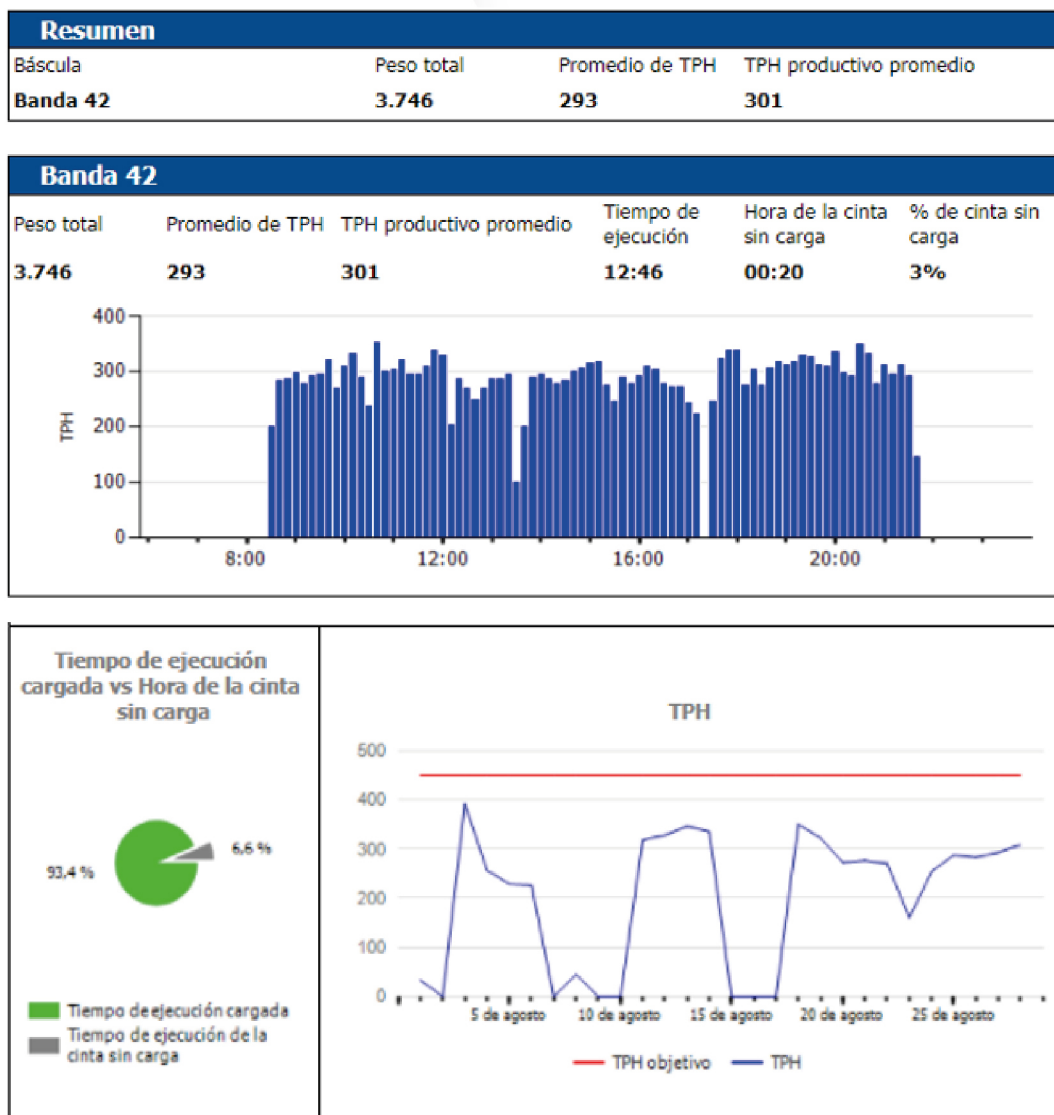


Figura 2. Arquitectura del sistema a la medida de las necesidades propias. Tomada de la propuesta económica de la empresa Frecuencia y Velocidad, 2018.

Otro de los factores importantes en el incremento de la productividad de la planta ha sido la reducción de tiempos perdidos, toda vez que se redujeron los tiempos de encendido y apagado y los periodos de trabajo a baja carga es decir, lejos del punto de máxima eficiencia.

(3) Azimut energía acompaña todo el proceso de eficiencia energética de la planta de producción.



Figura 4. CCTV en sala de control. Fuente propia

El factor de éxito más importante de este proyecto ha sido el incremento de los niveles de seguridad en las operaciones de la planta, ya que se eliminó el contacto entre persona - máquina, el cual es un factor de riesgo en accidentalidad, adicionalmente se cualifica la mano de obra con entrenamiento y capacitación en nuevas tecnologías aumentando el bienestar laboral.

Ademas de los beneficios ya presentados, para la compañía esta tecnología ha significado un avance importante en la gestión de la información, hoy se cuenta con informes muy completos de múltiples variables con los cuales se aplica analítica de datos para predecir el comportamiento de la productividad y el mantenimiento de los equipos.

Agradecimientos

Enorme agradecimiento a los profesionales directivos y operativos de Industrial Conconcreto que con el trabajo en equipo y entusiasmo se ha podido implementar la tecnología y evidenciar los buenos resultados que impactan todas las áreas de la Organización. A los proveedores y contratistas y todos terceros involucrados en el proyecto, los cuales contribuyeron a que las actividades se llevaran a cabo en el tiempo y con los recursos disponibles.

Bibliografía

- Rodriguez Penin, Aquilino (2007): "Sistemas SCADA segunda edición, "Barcelona España: Macomb, Ediciones Técnicas S.A.
- Bayley David, Edwin Wright (2003): "Practical SCADA for Industry". Great Britain: Elsevier. For more information Visit the web: www.newnespress.com.
- Stuart G Mccrady. (2013): "Designing SCADA application Software, a practical approach". Elsevier. For more information Visit the web: store.Elsevier.com.
- Frecuencia y velocidad. (s.f): Visitar web: www.frecuenciayvelocidad.com/videos.
- ABB (s.f). Visitar web: www.new.abb.com/south-america
- Azimut (s.f): Visitar web: www.azimutenergia.co/



PROYECTO SENNOVA: TOMA Y ANÁLISIS DE MUESTRAS DE MINERALES, SUELOS Y AGUAS DIRIGIDO A EMPRESARIOS DE LA REGIÓN DEL BAJO CAUCA ANTIOQUEÑO Y ENFOCADOS EL FORTALECIMIENTO DE LA FORMACIÓN PROFESIONAL EN EL CENTRO



Proyecto minero de Asoagromicauca y la importancia de la formalización dentro de los territorios.

Asoagromicauca mining project and the importance of formalization within the territories.

Resumen

Este artículo presenta la importancia de los procesos de Titulación y formalización para los pequeños mineros los cuales fueron aprobados por la Secretaría de Minas de la Gobernación de Antioquia. Así mismo busca mostrar la diferencia entre minería informal e ilegal estipulada en la norma y creada con el fin de establecer una diferencia de la criminalización de la actividad minera dentro de los territorios. Las comunidades requieren un reconocimiento de su tradición y ancestralidad minera, la cual permita la creación de políticas públicas acordes a cada uno de los procesos que se adelanten. Por este motivo Asoagromicauca le ha apostado a la asociatividad de sus mineros, a la Titulación Minera, a los Subcontratos de Formalización y al apoyo e inversión social de sus comunidades que se benefician de manera directa e indirecta de dichos procesos.

Palabras Claves: Pequeña Minería, Política Pública, Formalización Minera, Comunidades, Labor Social, Titulación Minera, Ancestralidad, Tradicionalidad.



Autora:

Erika María Gracia Flórez

Abogada.

ESP. Derecho Minero Ambiental.

Abstract:

This article presents the importance of the Titling and formalization processes for small miners, which were approved by the Ministry of Mines of the Government of Antioquia. Likewise, it seeks to show the difference between informal and illegal mining stipulated in the norm and created in order to establish a difference in the criminalization of mining activity within the territories. The communities require a recognition of their mining tradition and ancestry, which allows the creation of public policies in accordance with each of the processes that are carried out. For this reason, Asoagromicauca has bet on the associativity of its miners, the Mining Titles, the Formalization Subcontracts and the support and social investment of its communities that benefit directly and indirectly from said processes.

Key Words: Small Mining, Public Policy, Mining

Formalization, Communities, Social Work, Mining Titling, Ancestrality, Traditionality.

La minería artesanal y de pequeña escala (MAPE) es un importante sector económico en la industria minera, convirtiéndose de esta manera en una oportunidad de vida para los Colombianos (Ministerio de Minas y Energía 2012, pp.6-14). Aproximadamente, el 72% de las operaciones mineras en el país corresponden a este sector. Desde hace varios años, la Titulación y Formalización Minera ha venido avanzando para la MAPE en Colombia. Muchos Mineros que realizaban esta actividad de manera informal en el pasado han podido acceder a varios programas adelantados por el Ministerio de Minas y Energía, la Secretaría de Minas de la Gobernación de Antioquia y la Agencia Nacional Minera. Permitiendo así llegar a la legalización de la actividad minera. La ley 1450 de 2011 señala en su artículo 107, que es un deber del gobierno nacional implementar una estrategia para diferenciar la minería informal de la ilegal, separando con esto la criminalización de la minería dentro de los territorios y el desconocimiento de su tradición y ancestralidad. Aunque se ven los avances en la legalización de la extracción minera, a la fecha, muchas comunidades mineras que realizan esta actividad como su principal fuente económica aún no han podido acceder a ningún proceso de Formalización que les permita un desarrollo legítimo de la explotación o extracción de los recursos no renovables. Lo anterior, generalmente conlleva a un desconocimiento de la ley y de las funciones de algunas instituciones que deben apoyar este tipo de minería que no cuenta con una legalización. Se quiere que los procesos adelantados por las autoridades mineras tengan un resultado efectivo

para los Pequeños Mineros que le apuestan a la formalización que a pesar de tener un Título Minero o un Subcontrato de Formalización aprobados por las autoridades competentes no pueden acceder a la Bancarización porque las entidades Bancarias se niegan a realizar dicha solicitud, llevando esto a una fractura del Debido Proceso que es amparado por las mismas autoridades gubernamentales. Sin olvidar que el código de minas, La ley 685 de 2001 no estipula la clasificación de la minera en Colombia (pequeña, mediana y grande) Por lo tanto, el Ministerio de Minas y Energía expidió el (decreto 1666 de 2016 artículo Artículo 2.2.5.1.5.4). El cual regula dicha clasificación.

La Asociación Agrominera del Cauca (Asoagromicauca), es una asociación de pequeños mineros, que está legalmente constituida desde el año 2009, ubicada en la vereda de San Pablo, jurisdicción del municipio de Cáceres. La asociación le ha apostado a la titulación y a la formalización de sus mineros y a la fecha posee dos Contratos de Concesión Minera con Programa de Trabajos y Obras (PTO) otorgados y aprobados por la Secretaría de Minas de la Gobernación de Antioquia desde el año 2013. Actualmente la asociación cuenta con un número significativo de socios, los cuales generan empleos directos e indirectos dentro de la región, así como desarrollo social y económico a la comunidad. En esta zona del municipio se vienen desarrollando labores de extracción de oro desde antes de la llegada de los españoles y un ejemplo claro de ello es que en la época de la colonia (Poveda, 1981) esta región fue sede de una de las casas de la moneda y del Banco de la República. Asoagromicauca inició desde el año 2016 la formalización y legalización de la actividad minera de sus socios, los cuales permitió



obtener 21 Subcontratos de Formalización Minera regulados bajo el decreto 1949 de 2017 y que a la fecha se encuentran aprobados por la Secretaría de Minas de la Gobernación de Antioquia. Esta entidad nos ha brindado la mano y junto con el Ministerio de Minas y Energía nos han apoyado para que la actividad minera realizada por los Pequeños Mineros sea legalizada y reconocida por las instituciones gubernamentales.

Aparte de su labor minera, la asociación se ha caracterizado por realizar labores sociales dentro de la zona de influencia donde se encuentran los Contratos de Concesión desde antes de su constitución. De estas actividades, se benefician las mujeres cabeza de hogar, el comercio, los niños y niñas que participan de nuestros proyectos deportivos, las escuelas rurales, los campesinos, ganaderos y agricultores de la región. Además se realizan obras como la construcción y mantenimiento de vías, escuelas, centro médico, caseta comunal, aportes económicos para la estructura del acueducto de San Pablo y Peladero, proyectos agropecuarios, escuela de fútbol, la cual fue subcampeona de la copa tele Antioquia, siembra de la acacia mangium y plantas nativas de la región, entrega de mercados a los habitantes del municipio afectados por el COVID-19, capacitación a la comunidad de Barequeros entre otras.

Nuestros proyectos sociales y mineros dentro de las comunidades.

Subcontratos de Formalización Minera

Gracias a la Secretaría de Minas y al Ministerio de Minas y Energía, hoy Asoagromicauca, ha formalizado

18 Unidades de Producción Minera dentro de los dos Títulos Mineros de la asociación y 3 en un título vecino, para un total de 21 Subcontratos, permitiéndoles ser los principales generadores de empleo dentro de la comunidad.



Fotos Cortesía: Asoagromicauca

Barequeros

En las veredas de San Pablo, Vaquero y Peladero, hay aproximadamente más de 500 mineros de subsistencia, los cuales ejercen esta actividad como su principal fuente de trabajo, por lo tanto se les brinda respaldo, así como capacitaciones en temas mineros y en la utilización de herramientas óptimas para su protección personal. En el año 2019, la Secretaría de Minas en compañía del SENA de la sede del municipio del Bagre, realizó una visita a la región y comprobó lo anteriormente mencionado. En la actualidad los dos títulos mineros de la asociación pertenecen al programa Antioquia sin Mercurio de la Secretaría de Minas de la Gobernación de Antioquia.

Salud y Medio Ambiental

Gracias al desarrollo minero que realizan los Subcontratistas y la Asociación, Hoy San Pablo y Peladero cuentan con un puesto de salud, con el fin de apoyar a la comunidad, la cual no contaba con un

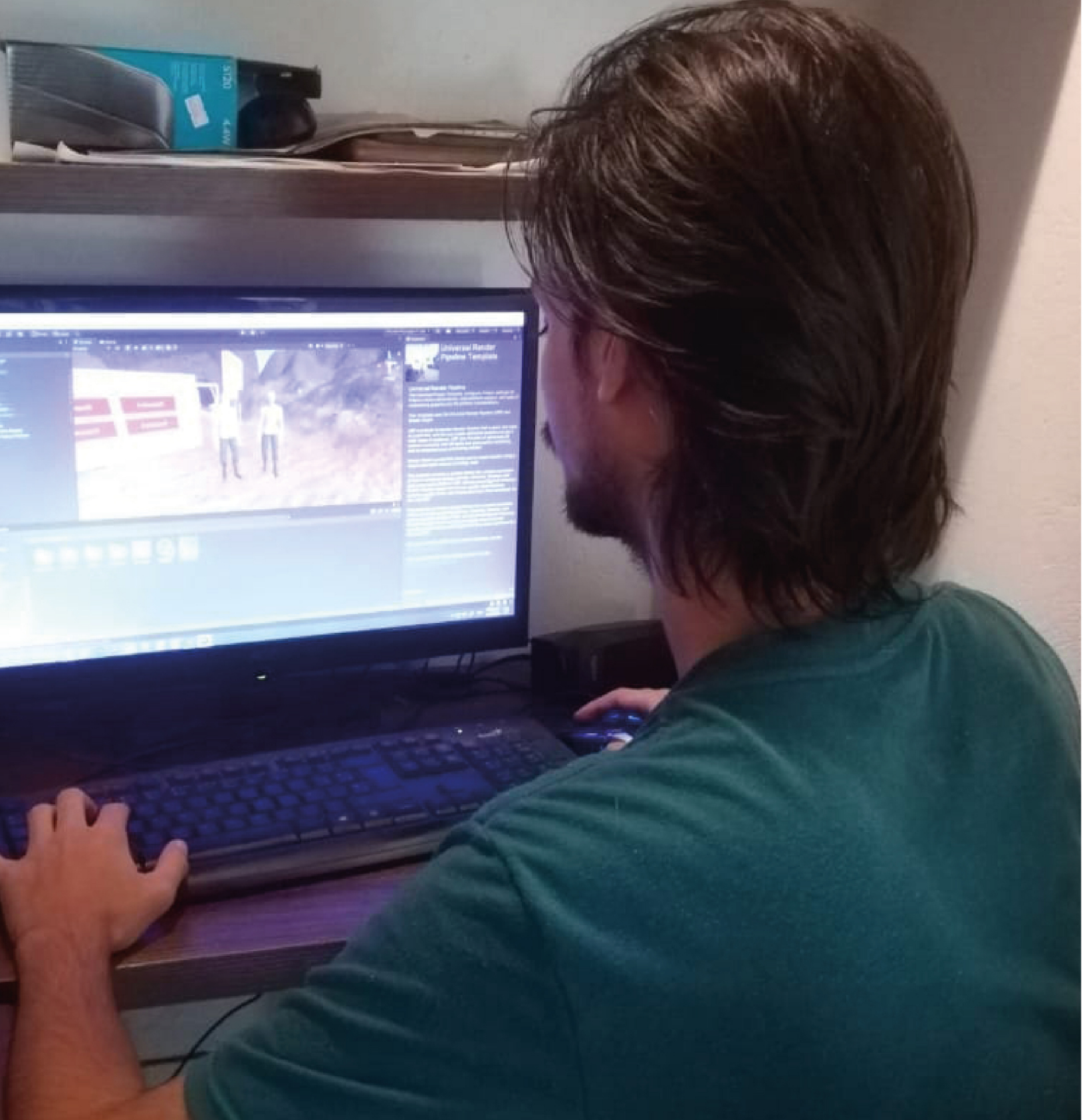


centro asistencial para atender sus calamidades básicas dentro de las veredas aledañas. A la vez, Asoagromicauca viene interviniendo algunas areas que ya han sido explotadas para así recuperarlas. El pasado 24 de mayo de 2019 participamos de la primera sembratón organizada por la Corporación Autónoma Regional (Corantioquia) en donde sembramos 530 plantas nativas de la región con ayuda de los Subcontratistas y la comunidad.

La ancestralidad y tradición minera es fundamental dentro de los procesos de formalización para los pequeños mineros que buscan una forma de realizar su actividad amparados y reconocidos por las autoridades municipales, departamentales y gubernamentales que deben crear políticas diferenciales para estos procesos y los cuales deben incluir más la participación de la mujer en la minería. Nuestro propósito como titulares mineros es darle continuidad a la legalidad, al cumplimiento de la norma, y al apoyo de las comunidades que se benefician de las Unidades de Producción Minera que se encuentran legalizadas mediante los Subcontratos de Formalización Minera y los Títulos Mineros de Asoagromicauca.



Fotos Cortesía: Asoagromicauca



PROYECTO SENNOVA: EXPERIENCIA INTERACTIVA DE RESCATE Y SEGURIDAD MINERA, CONTEXTUALIZADA A LAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE PEQUEÑAS MINAS UBICADAS EN LA REGIÓN DEL BAJO CAUCA ANTIOQUEÑO

Análisis del Riesgo Ambiental en un Relave Minero mediante Código RAC como Índice de removilización Potencial por Elementos Potencialmente Tóxicos.

Environmental Risk Analysis in a Mining Relave Using RAC Code, as a potential remobilization Index by Potentially Toxic Elements.

Resumen

Los relaves mineros se caracterizan por tener altas concentraciones de elementos potencialmente tóxicos (EPTs). La peligrosidad de estos materiales depende principalmente de las concentraciones de EPTs que se pueden liberar al medio ambiente (metal disponible), ocasionando impactos ambientales. El objetivo de este estudio fue establecer el riesgo ambiental relativo asociado con los EPTs de relaves minero ilegales en algunas localidades en el municipio de Buriticá (Antioquia). La metodología consistió en: (i) medición de las concentraciones totales de Hg, Zn, Cu, As, Pb, Cr y Cd en el relave y (ii) determinación del riesgo ambiental a través del índice de riesgo (RAC). Los resultados permiten



Autores:

Juan Pablo Salazar Giraldo
Geólogo Ph D Ingeniería
Julián Esteban López
Ing. Ambiental MsC.

concluir que el impacto de la contaminación por EPTs procedentes de los relaves mineros no puede estimarse únicamente a partir de las concentraciones totales, sino considerando entre otros análisis, el potencial de removilización hacia el ambiente de los metales, para evaluar el posible riesgo ambiental.



FOTO: PIXABAY.COM



Palabras Claves: minería, contaminación, disponibilidad, metales pesados, remobilización, riesgo.

Abstract: Mining tailings are characterized by high concentrations of potentially toxic elements (PTE's). The hazard of these materials depends mainly on the concentrations of PTE's that can be released into the environment (available metal), causing environmental impacts. The objective of this study was to establish the relative environmental risk associated with PTE's in an abandoned mining tailing (environmental liability) in the municipality of Buriticá (Antioquia). The methodology consisted of: (i) measurement of total concentrations of Hg, Zn, Cu, As, Pb, Cr and, Cd in the tailing and (ii) environmental risk determination through the Risk Assessment Code (RAC). The results indicate that the impact of PTE's contamination from mining tailings cannot be estimated solely from total concentrations, but considering, among other analyses, the potential for remobilization towards the metals environment, to assess potential environmental risk.

Key Words: mining, pollution, availability, heavy metals, remobilization, risk.

Introducción

La minería aurífera representa una de las principales actividades económicas y actualmente es un motor de desarrollo para la población de diferentes regiones de Colombia (Arias et al., 2018). El departamento de Antioquia (noroeste de Colombia) representa el 40% de la producción minera de oro de Colombia (Betancur-Corredor et al., 2018) y se estima que hay entre 15.000 y 30.000 mineros artesanales de oro (García et al., 2015). A pesar de ser una actividad

económica importante, se ha demostrado la significancia de los impactos y riesgos ambientales se presentan en todas las fases del ciclo minero, al no ser tomadas las medidas de manejo ambiental respectivas, cumpliendo la normatividad existente en el país. En el caso de los relaves o colas de minas (mezcla de materiales heterogéneos conformados por minerales como mena y ganga, cenizas, productos químicos de procesamiento del agua) la presencia de concentraciones de elementos potencialmente tóxicos (EPTs) como As, Cd, Cr, Co, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb y Zn, representan un riesgo para la salud de las poblaciones aledañas y los ecosistemas (Kossoff et al, 2014; Olivero-Verbel et al, 2015; Arias et al, 2018; Gutiérrez-Mosquera et al, 2018).

Los problemas asociados a la contaminación por EPTs derivados de los relaves, exige atención inmediata con el fin de mitigar los impactos ambientales (Chileshe et al., 2020). En este contexto es importante tener en cuenta que el riesgo ambiental de un relave no depende solamente de las concentraciones totales de EPTs, sino que depende también de aquellos elementos que presenten facilidad de liberación al ambiente (disponibilidad) ya que son los de mayor efecto tóxico (Rodríguez, 2011; Castillo, 2017; Loredó, 2016). Con el fin de evaluar riesgos de contaminación química por acumulación y liberación de EPTs se han establecido diversos índices para cuantificar el riesgo ambiental potencial generado por los relaves mineros asociados con su contenido metálico. Entre los más usados se encuentra el código de evaluación de riesgos (RAC), que se basa en fracciones geoquímicas de metal (disponibles vs no disponibles), reflejando el porcentaje de la concentración de metal que puede interactuar con un componente biológico

(biodisponibilidad), y es mejor indicador que la concentración total respecto a la toxicidad y el riesgo a la salud humana y al ecosistema (Zhuang et al., 2018).

Bajo el anterior contexto el objetivo de esta investigación fue evaluar el riesgo ambiental de contaminación de EPTs en un relave minero abandonado a partir de concentraciones totales y disponibles. Se plantean así los siguientes interrogantes: ¿Todos los EPTs en un relave generan el mismo riesgo de contaminación?, ¿A partir de qué criterios se puede calificar un relave como potencialmente peligroso? y ¿Puede evaluarse la peligrosidad o riesgo ambiental de un relave solo a partir de concentraciones totales de EPTs? Este artículo muestra una metodología basada en criterios de análisis químicos para resolver parte de las preguntas planteadas.

Metodología

La metodología de análisis ambiental para relaves que se presentan a continuación puede ser aplicada por parte de autoridades ambientales, empresas mineras y entidades académicas con el fin de gestionar residuos como relaves mineros.

Muestreo y concentración de EPTs

La muestra de relave minero fue obtenida de zonas de explotación ilegal en el municipio de Buriticá, Antioquia, más exactamente de entables abandonados y activos de las veredas: Llano Grande, Carauquia, Untí, La Palma, Bubará, Corregimiento el Naranjo (cabecera), corregimiento Tabacal (cabecera), Higabrá, Altos del Obispo, Murrapal, Los Asientos, Los Arados, localizados al norte, noreste y suroeste del casco urbano (Coambiental, 2017). Para cada

localidad la toma de las submuestras (mínimo 12) siguió un esquema sistémico de rejilla rectangular con punto al centro, a profundidades máximo de 50 cm. Finalmente se mezclaron las submuestras por localidad basadas en el mismo peso para obtener la muestra más representativa de la región usada en el análisis experimental. La muestra compuesta de relave se secó al aire, se homogenizó y luego fue tamizada. Se pesó 1 g de muestra (por duplicado) y se sometieron a digestión ácida (HNO_3 : HCl 1:3) en microondas Ethos One Milestone. Los digestatos se filtraron ($0,45\ \mu\text{m}$) y posteriormente los filtrados se utilizaron para la determinación de Hg, Zn, Cu, As, Pb, Cr y Cd mediante espectrometría óptica inductivamente acoplada (ICP-OES) utilizando un equipo Agilent Technologies 5100 ICP-OES en el Centro de Laboratorio de Servicios Tecnológicos del Centro La Salada.

Concentración de EPTs disponibles

La muestra del relave fue sometida a uno de los procesos de extracción de fases disponibles, empleando la primera etapa de la metodología estándar BCR (Salazar et al., 2013; Rosado et al., 2016), en este caso las fracciones: solubles en agua, coprecipitadas y asociadas a carbonatos se extraen mezclando 1 g de la muestra con 40 ml de ácido acético 0,11 M por 16 horas (BCR1). Una vez obtenido el extracto, estos se filtran ($0,45\ \mu\text{m}$) y se leyeron por ICP-OES para la determinación de Hg, Zn, Cu, As, Pb, Cr y Cd.

Código de evaluación del riesgo (RAC)

El RAC es un indicador que compara fracciones del EPT disponible en relación con la concentración total de mismo EPT (Perin et al., 1985) (Ecuación 1).



(1)

$$RAC = ((EPT_{disponible}) / (EPT_{total})) \times 100\%$$

Donde, EPT_{disponible}: concentración (mg/kg) de elemento disponible mediante metodologías BCT y Tessier (Tabla 1) y EPT_{total}: concentración (mg/kg) de elemento total. Este código permite establecer el potencial de removilización de metales al relacionar disponibles y totales. De acuerdo a los valores del RAC se clasifica el nivel de riesgo (De removilización hacia el ambiente) en: $RAC \leq 1\%$, no presenta riesgo; $1\% < RAC \leq 10\%$, riesgo bajo; $10\% < RAC \leq 30\%$, riesgo moderado; $30\% < RAC \leq 50\%$, riesgo alto y $50\% < RAC$, riesgo muy alto.

Resultados

A partir del análisis ICP-OES de los metales en el relave mineros, se obtuvieron los siguientes resultados totales de EPT's (Tabla 1). El relave presentó en su orden las siguientes concentraciones $Zn > As > Cu > Pb > Hg > Cd > Cr$.

EPT	Zn	Cu	As	Cd	Hg	Pb	Cr
Totales	6069,3,4*	2765,4	3555,3	143,4	325,0	201,3	73,6
CV	1.5%	1.1%	2.6%	2.4%	0.0%	2.2%	6.9%

*n=2, cv = Coeficiente de variación

Tabla 1. Concentraciones totales de EPT's en el relave de Buriticá (mg/kg)

Después de obtener las concentraciones totales de los EPTs, se procedió a la extracción de las fracciones

disponibles, y luego de la lectura por ICP- OES se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 2).

EPT	Zn	Cu	As	Cd	Hg	Pb	Cr
Disponibles	750,4*	225,0	97,6	17,8	< LD	50,0	1,2

*n=2

Tabla 2. Concentraciones de los EPTs disponibles en el relave de Buriticá (mg/kg)

Nótese que no se obtuvo fracción disponible por el método BCR1 para Hg. En su orden se obtuvieron las siguientes concentraciones $Zn > Cu > As > Pb > Cd > Cr$.

Código de Valoración del Riesgo (RAC)

Los cálculos para cada EPT al relacionar la fracción disponible y la total arrojó los siguientes resultados (Figura 1), según los resultados presentados en la Tabla 2.

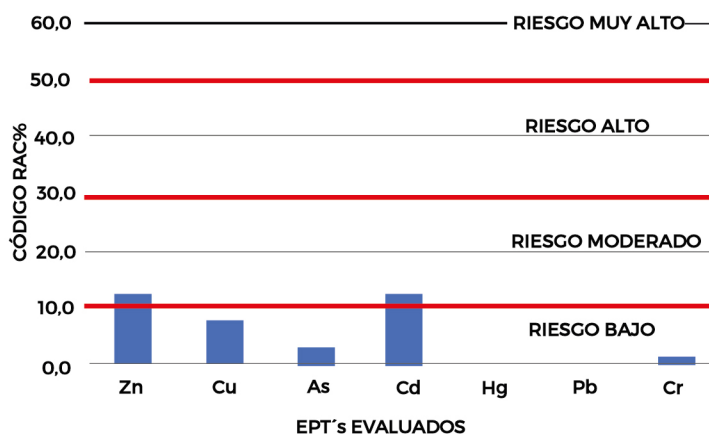


Figura 1. Valores del Código del Riesgo (RAC), considerando totales

De acuerdo a la anterior figura solamente el Zn y el Cd presentan riesgo moderado de ser liberados y removilizados de las fases sólidas del relave a fases acuosas. Elementos tales como Cu, As y Pb presentan riesgo muy bajo, y mínimo para el Cr. El Hg no reporta RAC dado que no fue posible obtener concentraciones disponibles con las soluciones extractantes usadas (Tabla 2).

Discusión

En general, los resultados resaltan la importancia de evaluar la peligrosidad de relaves mineros y el riesgo ambiental asociado a la contaminación por EPTs haciendo uso de indicadores que relacionen concentraciones totales y disponibles.

Respecto a las concentraciones totales se podría establecer que el Zn, As, Cu y Pb son los EPTs que podrían presentar mayor peligrosidad, sin embargo, la concentración de EPTs disponibles indican que elementos como Hg, As, Cd y Cu surgen como los más importantes para el relave analizado. Previamente se ha reportado que la concentración total de EPTs no representa el riesgo por contaminación a causa de estos elementos (Mendoza et al. 2017) y los resultados de este estudio soportan esta hipótesis.

El análisis del código RAC, indica en primer lugar la importancia del Zn y Cd como probables generadoras de riesgo, y de igual forma se pueden considerar importantes el Cu y el As. La importancia de evaluar el potencial de contaminación mediante el uso del código RAC es discutida por diversos autores, en donde es la base para valorar la disponibilidad (Elturk et al., 2019; Mngadi et al., 2020).

Agradecimientos

Al laboratorio de Servicios Tecnológicos del Centro de Recursos Naturales Renovables La Salada y al personal de SENNOVA.

Referencias

- [1] Arias, E.V.A., Rodríguez, P.A.R., Bardos, P., Naidu, R. (2018). Contaminated land in Colombia: A critical review of current status and future approach for the management of contaminated sites. *Sci. Total Environ.* 618, 199–209. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.245>
- [2] Betancur-Corredor, B., Loaiza-Usuga, J.C., Denich, M., Borgemeister, C. (2018). Gold mining as a potential driver of development in Colombia: Challenges and opportunities. *J. Clean. Prod.* 199, 538–553. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.142>
- [3] Castillo, R.J.J. (2017). El suelo y las causas de la Contaminación. *Revista Ruta Minera, Un Camino a la Minería Bien Hecha. GIMAB – Grupo de Investigación Minero Ambiental del Bagre – SENNOVA Sistema de Innovación, Investigación y Desarrollo Tecnológico. Servicio Nacional de Aprendizaje, SENA. Vol. 1, N. 1., ISSN 2590 – 2754.*
- [4] Chileshe, M.N., Syampungani, S., Festin, E.S., Tigabu M., Daneshvar A. and Odén P.C. (2020). Physico-chemical characteristics and heavy metal concentrations of copper mine wastes in Zambia: implications for pollution risk and restoration. *J. For. Res.* 31, 1283–1293. <https://doi.org/10.1007/s11676-019-00921-0>
- [5] El Turk, M., Abdullah, R., Rozainah, M.Z., Bakar, N.K.A. (2019). Heavy metal contamination in mangrove sediments in Klang estuary, Malaysia: Implication of risk assessment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Volume 226, 15, 106266. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106266>
- [6] García, O., Veiga, M.M., Cordy, P., Suescún, O.E., Molina, J.M., Roeser, M. (2015). Artisanal gold mining in Antioquia, Colombia: a successful case of mercury reduction. *J. Clean. Prod.* 90, 244–252. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.11.032>
- [7] Gutiérrez-Mosquera, H., Shruti, V.C., Jonathan, M.P., Roy, P.D., Rivera-Rivera, D.M. (2018). Metal concentrations in the beach sediments of Bahía Solano and Nuquí along the Pacific coast of Chocó, Colombia: A baseline study. *Mar. Pollut. Bull.* 135, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.060>
- [8] Kossoff, D., Dubbin, W.E., Edwards, S.J., Macklin, M.G., Hudson-Edwards, K.A. (2014). Mine tailings dams: characteristics, failure, environmental impacts, and remediation. *Appl Geochem* 51: 229–245. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2014.09.010>
- [9] Loredó, P.R. (2016). Aplicación de Métodos Espectroscópicos en la especiación de Arsénico en los procesos de Biodisponibilidad y fitoaccesibilidad en jales de Xichú. Tesis de Grado. Universidad de Guanajuato, Campus Guanajuato, División de Ciencias Naturales y Exactas, Posgrado en Química. Guanajuato – México, pp 1 – 110.
- [10] Mendoza, C.J., Garrido, R.T., Quilodrán, R.C., Segovia, C.M., Parada, A.J. (2017). Evaluation of the bioaccessible gastric and intestinal fractions of heavy metals in contaminated soils by means of a simple bioaccessibility extraction test. *Chemosphere* 176: 81–88. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.02.066>
- [11] Perin, G., Craboleda, L., Lucchese, M., Cirillo, R., Dotta, L., Zanetta, M.L., Oro, A.A. (1985). Heavy metal speciation in the sediments of northern Adriatic Sea. A new approach for environmental toxicity determination. In: Lakkas TD (ed) *Heavy metals in the environment*. CEP Consultants, Edinburgh.
- [12] Rodríguez, P.R.L. (2011). Geodisponibilidad y biodisponibilidad de metales en residuos mineros, aguas, suelos, sedimentos y peces. Evaluación y análisis de riesgo para el medioambiente. Zona de Calingasta. Provincia de San Juan. República de Argentina. Proyecto PNUD ARC/07/008: Evaluación detallada y diseño del plan de remediación de las escombreras derivadas de la actividad de extracción de sulfatos en Calingasta, Provincia de San Juan. Argentina. 87 pp. DOI: 10.13140/RC.2.2.11146.16321
- [13] Rosado, D., Usero, J., Morillo, J. (2016). Ability of 3 extraction methods (BCR, Tessie and protease K) to estimate bioavailable metals in sediments from Huelva estuary (Southwestern Spain). *Mar. Pollut. Bull.* 102, 65–71. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.11.057>
- [14] Salazar, G.J.P., De la Torre, M.C., Aguirre, R.N.J., Briones-Gallardo, R., Cedeño, C.J., Peñuela, M.C.A. (2013). Geochemical fractionation of manganese in the Riogrande II reservoir (Antioquia - Colombia). *Environ. Earth Sci.* 69, 197–208. <https://doi.org/10.1007/s12665-012-1947-x>
- [15] Zhuang, W., Wang, Q., Tang, L., Liu, J., Yue, W., Liu, Y., Zhou, F., Chen, Q., Wang, M. (2018). A new ecological risk assessment index for metal elements in sediments based on receptor model, speciation, and toxicity coefficient by taking the Nansihu Lake as an example. *Ecol. Indic.* 89, 725–737. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.02.033>



Centro de Formación Minero Ambiental

Regional Antioquia

2020



@SENAComunica

www.sena.edu.co