

Vol. 8. N° 02. Año 2018 ISSN 2711-4260



REVISTA  
AGUNKUYÂA

---

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas

**AREANDINA**

Fundación Universitaria del Área Andina  
Facultad de Ingeniería y Ciencias Básica



# AGUNKUYAA

Volumen 2, 2018

ISSN: 2711-4260



**AREANDINA**  
Fundación Universitaria del Área Andina

**Pablo Oliveros Marmolejo †**

**Gustavo Eastman Vélez**

**Miembros Fundadores**

**Diego Molano Vega**

**Presidente de la Asamblea General y  
Consejo Superior**

**José Leonardo Valencia Molano**

**Rector Nacional y Representante Legal**

**Martha Patricia Castellanos Saavedra**

**Vicerrectora Nacional Académica**

**Ana Karina Marín Quirós**

**Vicerrectora Nacional de Experiencia  
Areandina**

**María José Orozco Amaya**

**Vicerrectora Nacional de Planeación y  
Calidad**

**Darly Escorcía Saumet**

**Vicerrectora Nacional de Crecimiento y  
Desarrollo**

**Erika Milena Ramírez Sánchez**

**Vicerrectora Nacional Administrativa y  
Financiera**

**Felipe Baena Botero**

**Rector - Seccional Pereira**

**Gelca Patricia Gutiérrez Barranco**

**Rectora - Sede Valledupar**

**María Angélica Pacheco Chica**

**Secretaria General**

Los textos publicados en esta revista pueden ser reproducidos citando siempre la fuente. Todos los contenidos de los artículos publicados son responsabilidad exclusiva de sus autores, y no reflejan la opinión de la Fundación Universitaria del Área Andina.

Volumen 2, 2018

ISSN: 2711-4260

Fundación Universitaria del Área Andina

Transv 22 Bis No. 4-105

Valledupar, Cesar

# Contenido

Revista Agunkuyâa

Valledupar, Cesar

Volumen 2, páginas 1 a 64, 2018

- 5 | Análisis de las características fisicoquímicas de dos tipos de suelos ubicados en la vía Becerril, La Jagua de Ibirico en el departamento del Cesar  
*Daniel Andrés Cotes García/Luis Díaz Muegue*
- 21 | Diseño de un Sistema de Gestión Ambiental bajo la norma iso 14001:2015 en la mina de arcilla Sabanilla en San Juan del Cesar, La Guajira  
*Danny López/Dayanis Cataño/Keity Daza/Miguel Llanes*
- 32 | Estudio sociotécnico de la implementación de un sistema de energía limpia fotovoltaica en las instalaciones de la Fundación Universitaria del Área Andina  
*Carlos Díaz/Leticia Acosta/Lina Buelvas/Keila Barba/Melida Cobo*
- 43 | Modelo prospectivo de integración en red de la minería a pequeña escala en los procesos de extracción de la roca caliza en el departamento del Cesar  
*Martha Mendoza/Aura de la Victoria*
- 49 | Nuevas aplicaciones de equipos centrífugos en minería  
*Henry Brañes/Cesar Osorio*
- 57 | Uso de herramientas prospectivas en la industria minera: revisión bibliográfica  
*Luis Araujo/Yolivis Cuello*



# Análisis de las características fisicoquímicas de dos tipos de suelos ubicados en la vía Becerril, La Jagua de Ibirico en el departamento del Cesar

Daniel Andrés Cotes García<sup>1</sup> Luis Díaz Muegue<sup>2</sup>

## Resumen

El suelo es un cuerpo natural diferenciado en horizontes de mineral y constituyentes orgánicos, usualmente no consolidados, de profundidad variable, los cuales difieren del material parental de abajo en morfología, propiedades físicas y características biológicas. El objetivo general de este estudio es analizar las características fisicoquímicas de dos tipos de suelos ubicados en la vía Becerril, La Jagua de Ibirico en el departamento del Cesar. Está basado en una visita de campo realizada a estas zonas. Con los resultados obtenidos se concluye que los suelos de la zona centro del departamento del Cesar son muy productivos, los cuales se pueden utilizar para desarrollar diferentes actividades agrícolas que permitan que los habitantes de la región puedan encontrar una alternativa de generación de ingresos diferente a la actividad minera.

**Palabras clave:** características fisicoquímicas, descripción de suelos, suelo.

---

<sup>1</sup>Ingeniero de minas, estudiante de Maestría en Ciencias Ambientales SUE Caribe, docente de la Fundación Universitaria del Área Andina, sede Valledupar. Correo: dacotes@areandina.edu.co

<sup>2</sup>Ingeniero de Minas, docente de la Maestría en Ciencias Ambientales SUE Caribe, gestor de proyectos de investigación de la Fundación Universitaria del Área Andina, sede Valledupar. Correo: ldiaz164@areandina.edu.co

## Introducción

Teniendo en cuenta lo planteado por Jofpe (1936), citado por Jenny (1994), “el suelo es un cuerpo natural, diferenciado en horizontes de mineral y constituyentes orgánicos, usualmente no consolidados, de profundidad variable, los cuales difieren del material parental de abajo en morfología, propiedades físicas y características biológicas”.

El departamento del Cesar se encuentra influenciado por dos sistemas montañosos, la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá, en este estudio se tomará como referencia la Serranía del Perijá. Según un estudio realizado por Rangel, Carvajal y Arellano,

la caracterización físico-química de los suelos a lo largo del gradiente altitudinal de este sistema, muestra que en la alta montaña hay Entisoles (*Lithic Troporthent* y *Typic Ustor-thent*) e *Inceptisoles* (*Aquic Humitropept*, *Entic Dystropept*, *Typic Humitropept* y *Vertic Eutropept*) cuyos parámetros químicos denotan condiciones de bajas en el contenido de elementos y condiciones o propiedades. En la media montaña dominan los *Inceptisoles* (*Andic Humitropept*, *Typic Dystrandept*, *Entic Dystro-*

*pepts*) y Entisoles (*Typic Tropor-thent*), con textura Franco-Arenosa, con contenidos de Calcio, Potasio, Fósforo y Carbono son bajos. En la baja montaña predominan los *Inceptisoles* (*Typic Dystropepts* y *Typic Humitropept*), ocasionalmente, se encuentran Entisoles (*Tropofluvent* y *Typic Troporthents*) con predominio de las texturas Franco-Arenosa (FA) y Franca (F). Y en la región tropical predominan Entisoles (*Typic Ustor-thens* y *Tropofluvents*) e *Inceptisoles* (*Typic Eutropepts*) que tienen texturas Franca y Franca-Arenosa.

La geología de las dos zonas escogidas para este estudio corresponde a la formación Rionegro, esta formación, según Hernández (2003, citado por Universidad Nacional y ANH, 2009),

es detrítica, de composición especialmente arcósica. En el cerro Arenas Blancas, al noroccidente de Poponte, está conformada por capas de arenisca de grano grueso, arenisca conglomerática y conglomerado; las capas son delgadas y en algunas se observa estratificación cruzada. La formación Río Negro suprayace discordantemente capas de la formación La Quinta e infrayace de forma transicional al Grupo Cogollo.

Por sus características litológicas, Hernández (2003, citado por Universidad Nacional y ANH, 2009) “ha postulado un ambiente de depósito que corresponde a abanicos aluviales, los cuales drenaban desde los altos del basamento (Formación La Quinta y rocas paleozoicas) ubicadas al oeste, este y norte de la actual”.

La serranía del Perijá está compuesta por rocas metamórficas del Paleozoico sin diferenciar pizarras, filitas, esquistos verdes y negros, cuarcita y mármol; también se presentan rocas sedimentarias del Devónico medio al Pérmico, principalmente conglomerados, areniscas rojizas, shales rojo y verde, caliza fosilífera y arenisca cuarzosa. También se encuentra evaporita, roca fosfórica y carbón (IGAC, 1997).

En lo que a vegetación se refiere las zonas de estudio están comprendidas en la vía que comunica a los municipios de Becerril y La Jagua de Ibirico, en la gran mayoría de la extensión territorial del municipio de Becerril, se encuentra la formación vegetal denominada bosque seco tropical, con alturas hasta 1000 metros sobre el nivel del mar, temperatura media de 28°C, lo cual hace una región apta para el desarrollo ganadero y para la agricultura con riego suplementario.

La vegetación ha desaparecido en gran parte para dar paso a los pastizales, sin embargo, se observan vestigios de esta vegetación en algunos sectores de la planicie y aledaños a los ríos. (Alcaldía Municipal de Becerril, 2016)

“Por otro lado, los bosques de La Jagua de Ibirico se clasifican en cuatro tipos específicos: i) bosque seco tropical, ii) bosque húmedo tropical, iii) bosque muy húmedo premontano bajo y iv) bosque húmedo premontano” (Red Ormet, PNUD).

El clima en el municipio de La Jagua de Ibirico es muy similar al del municipio de Becerril, es cálido con temperaturas que van desde los 24°C hasta los 40°C en las partes bajas, con una temperatura media de 28°C. El régimen de lluvias es bimodal. (Red Ormet, PNUD)

Este estudio es importante porque permite tener una descripción de suelos detallada de dos puntos ubicados en la zona minera del centro del departamento del Cesar, lo que permitirá conocer los usos de suelos más óptimos y que brinden alternativas distintas a las de la minería. Para ello se planteó como objetivo general analizar las características fisicoquímicas de dos tipos de suelos ubicados en la vía Becerril, La Jagua de

Ibirico en el departamento del Cesar, basado en una visita de campo realizada a estas zonas.

## Materiales y métodos

### Localización geográfica



**Figura 1.** Localización de la zona de estudio

Fuente: <https://plus.google.com/112363144376623532029>

La zona de estudio corresponde a dos estaciones ubicadas en la vía Becerril, La Jagua de Ibirico, la primera se ubica al norte del municipio de, en la zona Boquerón, El Hatillo, la cual se encuentra ubicada al lado de la línea férrea y se está influenciada por la actividad minera de las empresas carboníferas.

El municipio está formado por dos tipos de paisajes como son la Serranía del Perijá que corresponde a la parte alta y montañosa hacia el oriente con elevaciones que superan los 2.900 metros sobre el nivel del

mar y es la línea fronteriza con Venezuela, el otro paisaje es la planicie del pie de monte en el cual se encuentran localizados los yacimientos carboníferos”. (Alcaldía La Jagua de Ibirico, 2012)

“El clima en el municipio es cálido con temperaturas que van desde los 24°C hasta los 40°C en las partes bajas, con una temperatura media de 28°C. El régimen de lluvias es bimodal”. (Red Ormet, PNUD)

La segunda estación se encuentra en el corregimiento Estados Unidos, el cual pertenece al municipio de Becerril, el clima del municipio es cálido tropical con humedad variable de cálido a seco, influenciado por los vientos alisios que se presentan con regularidad en los meses de diciembre a marzo dando origen a los periodos secos y de abril a noviembre periodo de lluvias que se hacen más intensos en septiembre a noviembre, y 22 precipitaciones de 961 mm. La temperatura promedio es de 28° en las zonas planas y de 10°C en la serranía del Perijá, con una humedad relativa del 76%, precipitación 961 mm. (Secretaría Departamental de Salud del Cesar, 2010)

## Metodología de caracterización físicoquímica realizada a las muestras de suelo

Para caracterizar el pH y la conductividad eléctrica fueron medidos en proporción suelo-agua 1:1 y 1:5, respectivamente. Para medir el pH en campo se utilizó un pHmetro portátil en una suspensión de suelo, la solución se agitó y se dejó reposar por quince minutos, después se leyó el valor del pH. (FAO, 2009) Para el análisis de los valores de pH se tuvo en cuenta la tabla 1:

El carbono orgánico del suelo (COS) fue determinado por el método de oxidación húmeda con dicromato potásico conocido como método Walkley-Black. El contenido de materia orgánica de los horizontes minerales se estimó mediante el color del suelo seco y/o húmedo en la tabla Munsell, tomando en cuenta su clase textural (tabla 2). Esta estimación se basa en la suposición de que el color del suelo (valor) es debido a la mezcla de sustancias orgánicas de color oscuro y minerales de color claro. (FAO, 2009)

Tabla 1. Clasificación de los valores de pH

### Clasificación de los valores de pH

$\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ de	< 5.1, si > 15% MO	es una indicación para un calificador Districo (= saturación de base)
	< 4.6, si 4-15% MO	
	< 4.2, si < 4% MO	(<50%), de otro modo → calificador Etrico
	< 3.6, si > 15% MO	es una indicación para una saturación de bases menor de 10%
	< 3.4, si 4-15% MO	
	< 3.2, si < 4% MO	y para una alta saturación de Al → calificador Hiperálico

Fuente: Adaptado de Schlichting, Blume y Stahr (1995).

**Tabla 2.** Estimación del contenido de materia orgánica basada en el color del suelo de Munsell

Estimación del contenido de materia orgánica basado en el color del suelo de la tabla Munsell

Color	Valor Munsell	Suelo húmedo			Suelo seco		
		A	Af, FA, F	FL, L, FYL, FY, FYA, YA, YL, Y	A	Af, FA, F	FL, L, FYL, FY, FYA, YA, YL, Y
		(%)					
Gris claro	7				< 0,3	< 0,5	< 0,6
Gris claro	6,5				0,3-0,6	0,5-0,8	0,6-1,2
Gris	6				0,6-1	0,8-1,2	1,2-2
Gris	5,5			< 0,3	1-1,5	1,2-2	2-3
Gris	5	< 0,3	< 0,4	0,3-0,6	1,5-2	2-4	3-4
Gris oscuro	4,5	0,3-0,6	0,4-0,6	0,6-0,9	2-3	4-6	4-6
Gris oscuro	4	0,6-0,9	0,6-1	0,9-1,5	3-5	6-9	6-9
Gris negro	3,5	0,9-1,5	1-2	1,5-3	5-8	9-15	9-15
Gris negro	3	1,5-3	2-4	3-5	8-12	> 15	> 15
Negro	2,5	3-6	> 4	> 5	> 12		
Negro	2	> 6					

Nota: Si el cromá está entre 3,5-6, adicionar 0,5 al valor; si el cromá es > 6, adicionar 1,0 al valor.  
Fuente: Adaptado de Schlichting, Blume y Stahr (1995).

“El fósforo se cuantificó por el método Olsen. La extracción del fósforo se hizo con solución de bicarbonato de sodio 0,5N a Ph 8,5” (Andrades, Moliner y Masaguer, 2015, p. ). En un tubo con tapa se colocaron 2,5 g de suelo y se agregó 30 ml de la solución, luego se agitó por treinta minutos y se filtraron las muestras en tubos de ensayo, posteriormente se tomó 5 ml de la solución filtrada con una pipeta automática y se añadió 1 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (2,5M), además, se agregaron 10 ml de la solución de trabajo para el desarrollo de color con una repipeta y se esperó durante quince minutos, finalmente se calibró el espec-

trofotómetro, se leyeron las muestras y se calculó la concentración de fósforo (Andrades, Moliner y Masaguer, 2015).

La capacidad de intercambio catiónico es una medida de la cantidad de cationes intercambiables que están neutralizando la carga negativa del suelo. Para el cálculo de esto se pesan 10 g de suelo, al cual se le añade 50 ml de KCl 1 M y se agita durante cinco minutos, luego se filtra por gravedad en balones de 100 ml, lavando el suelo con cinco porciones de 10 ml de KCl, posteriormente se completa a volumen con KCl y se agita para obtener una mezcla homogénea; finalmente, este filtrado constituye el ex-

tracto a partir del cual se determinan los cationes intercambiables Ca y Mg por absorción atómica (Andrades, Moliner y Masaguer, 2015).

La densidad real y aparente se calculó empleando el método propuesto por la NTC 5167, el método se basa en la cuantificación de la masa de producto que se deposita libremente por unidad volumen, en un recipiente de volumen conocido, primero se pesa la probeta vacía, limpia y seca, luego se deja caer libremente una cantidad de material suficiente para obtener una lectura cercana a 30 cm<sup>3</sup>, posteriormente se registra el volumen ocupado por el material y se determina el peso de la probeta con el material, finalmente se realizan tres determinaciones sobre muestras diferentes. (Icontec, 2004)

La textura se determinó por el método Boyoucos, este método requiere del acetato de amonio 1 N pH 7,0, se basa en el reemplazo de las posiciones de intercambio por el ión amonio y su posterior desplazamiento con una solución de cloruro de sodio, produciendo cloruro de amonio el cual en presencia de formaldehído forma estequiométricamente

un complejo nitrogenado y ácido clorhídrico el cual es evaluado con hidróxido de sodio. (Andrades, Moliner y Masaguer, 2015)

El procedimiento utilizado consistió en pesar 40 g de tierra fina al aire en un vaso de precipitados de 250 ml, se añadieron 100 ml de la solución dispersante y se dejó diez minutos, se añadió agua hasta completar los 250 ml y se batió durante cinco minutos. Luego, se transfirió el contenido del vaso de precipitado a una probeta de un litro, poniendo en la boca de la probeta un embudo de boca grande y encima un tamiz de malla de 0,2 mm para separar la arena mayor de este tamaño.

El color del suelo por notación Munsell, según lo establecido en el manual de la FAO, el cual muestra que el contenido de materia orgánica de los horizontes minerales se puede estimar mediante el color del suelo seco y/o húmedo en la tabla Munsell, tomando en cuenta su clase textural. Esta estimación se basa en la suposición de que el color del suelo (valor) es debido a la mezcla de sustancias orgánicas de color oscuro y minerales de color claro. (FAO, 2009)

La presencia de carbonatos se calculó tomando como referencia lo planteado por el manual de la FAO, esta se estableció a través de la adición al suelo de gotas de HCl (Ácido Clorhídrico) al 10 por ciento, donde el grado de efervescencia del gas de dióxido de carbono es indicativo de la cantidad de Carbonato de Calcio presente en el suelo. (FAO, 2009)

El tipo de Carbonato encontrado se definió con base en la siguiente tabla:

**Tabla 3.** Clasificación de la reacción del carbonato en la matriz del suelo

		%	
N	0	No calcáreo	No detectable visiblemente ni efervescencia audible
SL	≈ 0-2	Ligeramente calcáreo	Se escucha la efervescencia pero no es visible
MO	≈ 2-10	Moderadamente calcáreo	Efervescencia visible
ST	≈ 10-25	Fuertemente calcáreo	Efervescencia fuertemente visible. Las burbujas forman poca espuma
EX	≈ > 25	Extremadamente calcáreo	Reacción extremadamente fuerte. Se forma la espuma espesa rápidamente

## Resultados

### Estación 1. Zona Boquerón, El Hatillo CNR

En esta estación se evidenció la presencia de suelos originados de terrazas aluviales, se encontró cuarzo y gran contenido de óxidos de hierro, lo que puede indicar que este corresponde a un plintisol. En la figura 1 se presenta la evidencia de una plintita, la cual es una roca pesada debido a la gran cantidad de óxido de hierro.



**Figura 1. Plintita**

La vegetación predominante en la zona es peralejo, pasto carimagua.



**Figura 2. A. Vegetación de la estación Boquerón, El Hatillo**



**Figura 2.B. Vegetación de la estación Boquerón, El Hatillo**

Se observó la presencia de tres horizontes de suelo, en el cual el horizonte B corresponde a arcilla.

El agua baja hasta el nivel de la arcilla, por ausencia de oxígeno se presentan los colores grises. La textura es completamente arcillosa debido a la humedad.

En el horizonte A hay presencia de suelos, mayor cantidad de rocas o elementos pétreos. Es muy pedregoso porque tiene bastante cantidad de elementos gruesos.

Moteado del suelo. Indica cambios en el suelo por presencia de humedad o secado.

Se observó la presencia de suelos rojos, suelos con alto contenido de hierro, tal como aparece en la figura 3.



**Figura 3. Suelos de la estación Boquerón, El Hatillo**

Horizonte A: 40 cm, material granular melanizado, textura con presencia de bioturbación de raíces

Horizonte B: 50 cm, material granular, textura con presencia de bioturbación de raíces hasta los primeros 25 cm de iniciado el horizonte

Horizonte C: a mayor profundidad de 1 m con moteados de hierro y textura arcillosa

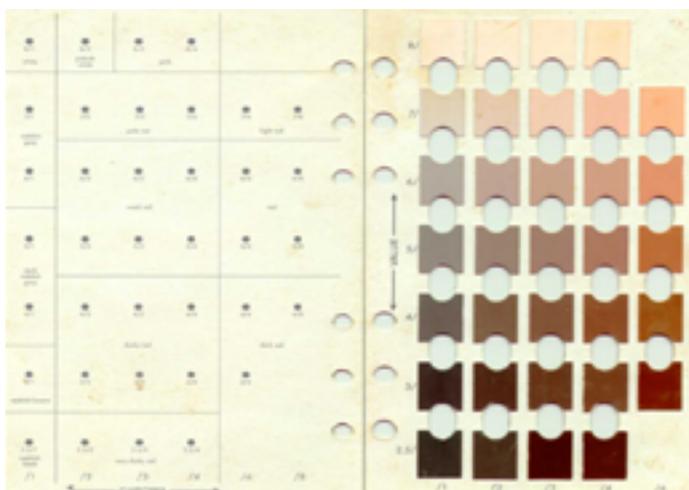
Pendiente: 10 °

1,30 m	A	0,40 m
	B	0,50 m
	C	0,40 m

**Figura 4.** Perfil de suelo, estación Boquerón, El Hatillo

Se tomó el color en seco y en húmedo con la tabla Munsell.

**En seco**



**Figura 5.** Tabla Munsell: Matiz 2,5 YR

Horizonte A. 2,5 YR 4/ 4

Horizonte B. 2,5 YR 4/ 6

Horizonte C. 2,5 YR 5/ 8

Coordenadas

N 9° 37' 50,3"

W 73° 32' 51,7"

Altura 59 m

TA. 30,3 °C

Se cataloga como horizonte B porque tiene presencia de raíces

TB. 28,7°C

TC. 28,8°C

Hay lixiviación de hierro

*En húmedo*

Horizonte A. 2,5 YR 3/ /1

Horizonte B. 2,5 YR 4/ /8

Horizonte C. 2,5 YR 5/ /8

T Ambiente. 30,8 °C



**Figura 6.** Identificación del color del suelo

pH A. 5

pH B. 6

pH C. 5



**Figura 7.** Determinación del pH del suelo

Textura A. Sin agua, arenoso

Textura B. Combinación de arcilla y granular, no se deja manejar porque tiene material granular

Textura C. Arcilla moldeable (con agua y sin agua)



**Figura 8.** Determinación de la textura del suelo

Hay lixiviación de hierro en las arcillas

Prueba de carbonatos. Se utilizó HCL (ácido clorhídrico) cinco gotas.

HA. Sin presencia de carbonatos

HB. Sin presencia de carbonatos

HC. Sin presencia de carbonatos



**Figura 9.** Determinación de la presencia de Carbonatos en el suelo

Peróxidos 5 gotas

HA. No hay efervescencia, bajo en materia orgánica

HB. Bajo en materia orgánica

HC. Bajo en materia orgánica

## Estación 2. Corregimiento de Estados Unidos

Dentro de la vegetación encontrada se destaca la presencia de Moco de Hierro, hay mucha rocosidad, principalmente rocas grandes, arborización secundaria de mayor tamaño, bosque seco tropical, tal como se muestra en la figura 10.



**Figura 10.** Vegetación del corregimiento Estados Unidos

*Coordenadas*

N 9° 38' 56,7"

W 73° 16' 34,3"

Altura 141 m

Se evidenció la presencia de bioturbación, debido a la presencia de lombrices, tal como se muestra en la figura 11; esto muestra que la salud del suelo es buena.



**Figura 11.** Presencia de lombrices en el suelo

Temperatura ambiental, 36,2°C

0,60 m	A	0,20 m
	B1	0,10 m
	B2	0,30 m

Figura 12. Perfil de suelo. Estación 2

Horizontes A y B

Horizonte C de piedras, porque hay caliches

A mayor profundidad el color es más gris. Significa reducción, ausencia de aire

Hay moteados en el horizonte B



Figura 13. Tabla Munsell: Matiz 5YR

*Seco*

HA. 5YR 4/ 4

HB1. 5YR 5/ 4

HB2. 5YR 6/ 4

*Húmedo*

HA. 5YR 4/ 13

HB1. 5YR 5/ 16

HB2. 5YR 6/ 16

La bolita grande corresponde al horizonte B1 y la bolita pequeña al horizonte B2, tal como se presenta en la figura 14.



**Figura 14.** Determinación de la textura del suelo de la estación 2

TA. 31,5°C

Pha.5

TB1. 31°C

PhB1. 5

Presencia de hormigas. Salen del perfil B2

TB2. 31,6 °C

pH B2. 5

Textura A. Franco (en el laboratorio se especifica puntualmente la textura)

Textura B1. Arcillosa

Textura B2. Arcillosa

Carbonatos HCL

HA. No hay efervescencia, es básico

HB1. No hay efervescencia

Peróxidos 8 gotas

HA. Hay efervescencia, hay presencia de carbono orgánico

HB1. Hay mayor cantidad de carbono orgánico

HB2. Hay poco carbono orgánico

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en laboratorio.

**Tabla 4. Características físico químicas**

Característica	Unidad	Horizontes					
		Primer Punto			Segundo Punto		
		A	B	C	A	B1	B2
Color del suelo	Notación Munsell						
Tipo textura		Arena	Fr-Arc-Are	Arcilla	Arc-Are	Arcilla	Arcilla
Arena	%	73,19	63,17	25,32	61,21	30,70	33,59
Arcilla	%	14,24	28,89	61,17	35,49	56,77	61,30
Limo	%	12,58	7,94	13,51	3,30	12,54	5,11
Densidad Aparente	g/cm <sup>3</sup>	1,31	1,09	1,39	1,05	1,25	1,44
Densidad Real	g/cm <sup>3</sup>	2,34	2,08	2,73	2,66	2,56	2,73
Porosidad	%	43,86	47,61	49,04	60,59	51,09	47,38
Tamaño de poros	mm	0,01	0,05	0,59	0,08	0,47	0,31
Humedad del suelo	%	0,61	4,86	42,23	7,96	37,43	21,30
pH (1:1)	Unidad de pH	4,49	5,03	4,66	5,22	5,30	4,76
Conductividad Eléctrica	dS/m	0,06	0,05	0,05	0,06	0,05	0,12
C I C	1 meq /100g	12,91	17,65	31,12	46,96	31,25	17,42
Carbono Organico	%	3,76	2,60	3,48	4,11	4,99	2,30
Fosforo disponible	mg/Kg	3,48	2,11	0,99	2,81	5,30	6,81

## Conclusión

En la Estación 1 se observó la presencia de suelos rojos, suelos con alto contenido de hierro, lo que corresponde a un plintisol, su textura es completamente arcillosa, hay lixiviación de hierro en las arcillas y presenta baja cantidad de materia orgánica. Esto tiene relación con lo planteado por el IGAC (1997), el cual realizó un estudio general de suelos del departamento del Cesar, dentro de este se destacaron los suelos de Valle, principalmente los de la asociación *Fluventic Ustropents. Tipis Ustifluvents*, estos son desarrollados de sedimentos aluviales (limos, arcillas y arenas).

En la estación 2 se evidenció la presencia de bioturbación debido a la presencia de lombrices, esto muestra que la salud del suelo es buena.

Hay pedregosidad superficial, por lo tanto, no se puede implementar arado, lo cual muestra que estos corresponden a un entisol; esto concuerda con lo planteado por Rangel, Carvajal-Cogollo y Arellano, quienes realizaron un estudio en el cual caracterizaron los suelos de la Serranía de Perijá y destacaron que en la región tropical predominan entisoles e inceptisoles.

Los suelos son ligeramente ácidos, lo que significa que son suelos productivos, es decir, suelos fértiles, esto es muy similar a lo planteado por Rangel, Carvajal-Cogollo y Arellano, quienes describieron el pH de estos suelos como neutro y ligeramente alcalino. En el uso del suelo se puede evidenciar un conflicto, ya que no se están aprovechando las bondades del este, sino que se utiliza principalmente para la ganadería ex-

tensiva, tal como lo evidenció el IGAC (1997), quien también destacó que hay algunos cultivos de arroz y palma africana.

La textura predominante en estas dos estaciones fue la arcillosa y, en algunos casos, franco-arena-arcillosa, lo cual difiere un poco a lo descrito por Rangel, Carvajal-Cogollo y Arellano, quienes destacaron que en la región tropical predominan entisoles e inceptisoles, que tienen texturas franca y franca-arenosa.

Se puede concluir que los suelos de zona centro del departamento del Cesar son suelos muy productivos, los cuales se pueden utilizar para desarrollar diferentes actividades agrícolas que permitan que los habitantes de la región puedan encontrar una alternativa de generación de ingresos diferente a la actividad minera.

## Referencias

- Alcaldía La Jagua de Ibirico (2012). *Plan de Salud Territorial del Municipio de La Jagua de Ibirico 2012-2015/2021*.
- Alcaldía Municipal de Becerril (2016). *Plan de Manejo Ambiental (PMA). Proyecto: construcción del sistema de alcantarillado sanitario en los barrios Idema, El Carmen y San Martín del municipio de Becerril, Cesar*.
- Andrades, Moliner y Masaguer (2015). *Prácticas de edafología. Métodos didácticos para análisis de suelos*. Universidad de la Rioja.
- Hernández, M. (2009). Memoria explicativa. Geología, plancha 48. Jagua de Ibirico. Escala 1:100.000, Ingeominas. Bogotá. A través de Universidad Nacional y ANH. Reconstrucción de la historia termal en los sectores de Luruaco y Cerro Cansona-cuenca del Sinú-San Jacinto y en el piedemonte occidental de la Serranía del Perijá entre Codazzi y la Jagua de Ibirico-cuenca de Cesar-Ranchería. Informe final. Cuenca Cesar-Ranchería.
- Icontec (2004). *Norma Técnica Colombiana NTC 5167. Productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas de suelo*. Bogotá, D.C.
- IGAG (1997). Estudio general de suelos. Departamento del Cesar. Bogotá, D.C.
- Jofpe, J. S. (1936). "Pedology". Rutgers University Press. New Brunswick, N.
- J. A través de Jenny (1994). *Factors of soil formation. A system of quantitative pedology*. Dover Publications, INC. New York.
- Rangel, Carvajal-Cogollo y Arellano. *Suelos de la Serranía de Perijá*.
- Red Ormet, PNUD. Perfil productivo municipio. La Jagua de Ibirico.
- Secretaría Departamental de Salud del Cesar (2010). *Análisis de situación de salud de fronteras (ASIS). Municipios fronterizos con Venezuela*. Departamento del Cesar. Eje 1, La Guajira, Cesar y Zulia (Colombia-Venezuela).

# Diseño de un Sistema de Gestión Ambiental bajo la norma iso 14001:2015 en la mina de arcilla Sabanilla en San Juan del Cesar, La Guajira

Danny López<sup>1</sup>, Dayanis Cataño<sup>2</sup>, Keity Daza<sup>3</sup>, Miguel Llanes<sup>4</sup>

## Resumen

En esta investigación se implementó un diseño de Sistema de Gestión Ambiental para la mina de arcilla Sabanilla del municipio San Juan del Cesar, La Guajira, con base en los lineamientos establecidos por la norma internacional ISO 14001:2015, esto con el fin de mejorar el desempeño ambiental de la unidad minera que desde hace ya varios años viene extrayendo dicho recurso natural sin realizar gestión ambiental alguna, repercutiendo directamente en el ambiente y los diferentes componentes que lo conforman. Para esto se procedió analizar el contexto de la organización de la mina y establecer políticas ambientales para así proceder a la planificación de las acciones a desarrollar frente al manejo de los impactos encontrados en la mina. Luego se formuló una estrategia para la implementación y operación del Sistema de Gestión Ambiental (SGA), en el que se establecieron procedimientos para mejorar continuamente la eficacia del desempeño ambiental de la mina. Así mismo, el análisis realizado arrojó como resultado que la mina no lleva a cabo ningún tipo de gestión ambiental. En este sentido, fue posible identificar las partes interesadas y sus necesidades y expectativas respecto a la mina; logramos determinar que las principales son la comunidad, los empleados y los clientes. Y, además, que el SGA abarcara todos y cada uno de los componentes que forman parte de la red de procesos de la unidad minera, considerando también la totalidad de productos y actividades inmersas en esta.

---

<sup>1</sup>Ingeniero en minas, doctor en Ciencias Gerenciales, docente del programa Ingeniería Ambiental de la Universidad de La Guajira. Pertenece al Grupo de Investigación IPAITUG. Correo: dlopezj@uniguajira.edu.co.

<sup>2</sup>Estudiante del programa Ingeniería Ambiental de la Universidad de La Guajira.

<sup>3</sup>Estudiante del programa Ingeniería Ambiental de la Universidad de La Guajira.

<sup>4</sup>Estudiante del programa Ingeniería Ambiental de la Universidad de La Guajira.

**Palabras clave:** sistema de gestión ambiental, norma ISO14 001: 2015, política ambiental, contaminación atmosférica, residuos sólidos, escombros, suelos, fauna y flora, seguridad y salud en el trabajo y contratación de mano de obra.

## Introducción

La minería se define como la ciencia, las técnicas y las actividades que tienen que ver con el descubrimiento y la explotación de yacimientos minerales. De manera estricta, el término se relaciona con los trabajos subterráneos o a cielo abierto. En la práctica, el término incluye las operaciones a cielo abierto, canteras, dragado aluvial y operaciones combinadas que incluyen el tratamiento y la transformación. La minería es una de las actividades más antiguas, la cual consiste en la obtención selectiva de minerales y otros materiales. (Ministerio de Minas y Energía, 2003).

Las formas de asentamiento del ser humano definen la ocupación del espacio y el uso de los recursos como el agua, la flora y la fauna el crecimiento poblacional ha influido significativamente en el cambio del uso del suelo y por consiguiente han aumentado los conflictos por el uso de las tierras, los cuales son resultado de la discrepancia entre el uso que

el hombre hace del medio natural y aquel que debería tener, de acuerdo con la oferta ambiental. (Sánchez, 2001)

Debido a lo anterior, se propone diseñar un Sistema de Gestión Ambiental bajo los criterios de la norma ISO 14001 en la minería de arcilla.

Ahora bien,

un Sistema de Gestión Ambiental (SGA) es la parte del sistema general de gestión de calidad que incluye la estructura organizativa, las actividades de planificación, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos para desarrollar, aplicar, alcanzar, revisar y mantener la política ambiental. (Gaviria, 2007)

La realidad social, política, cultural y económica son aspectos determinantes para definir el entorno, el estilo y la calidad de vida que tenemos. El desenfreno de la sociedad consumista, el desarrollo tecnológico y el aumento de ingresos económicos ha dado lugar a la creación

de innumerables procesos que además de “facilitarnos la vida” se están encargando de causar daños ecológicos que, sin duda alguna, ya se están manifestando en nuestras vidas. Dentro de estos es preciso mencionar la minería, que en las últimas décadas se ha convertido en una de las actividades económicas más promisorias a nivel mundial (Cardona, 2005).

Los productos minerales son consumidos preferentemente por los sectores industriales y los de construcción. Es por esto que podríamos argumentar, que en esta sociedad moderna a la que estamos insertos, la utilización de los recursos minerales y por consecuencia la actividad minera, es un sustento importante para la misma. (Villamizar, 2016)

En el caso colombiano, se llega a determinar que “Colombia no es un país minero, ya que solo el 2,3% del producto interno bruto del país corresponde al procedente de dicha actividad”. Pese a esto, para nadie es un secreto que el sector minero en los últimos años se ha consolidado como uno de los sectores de mayor interés en la economía del país, y que la producción de la mayoría de los minerales que se explotan ha presentado un aumento considerable, sobre todo

en algunos departamentos, dentro de los que se destaca La Guajira (Acosta, 2014).

Uno de los principales problemas que afronta el sector minero en el departamento, es la minería ilegal; en la cual no existe gestión ambiental alguna, priorizando temas financieros, en muchos casos de sustento básico, desarrollando acciones eco-irracionales que no producen beneficios de fondo para la sociedad, convirtiéndose en un verdadero cáncer para los intereses nacionales, desde la óptica en que se le mire. (López, 2011)

Por su parte, el municipio San Juan del Cesar, La Guajira, no es ajeno a esta situación, dentro de su territorio se encuentra una mina artesanal de arcilla, en la que se explota el mineral de manera ilegal, ya que no cuenta con ningún tipo de autorización, licencia ambiental, contrato de concesión ni los respectivos permisos ambientales para el aprovechamiento de recursos naturales.

La norma ISO 14001: es una norma internacional de aplicación voluntaria, que establece los requisitos legales que debe cumplir una organización para gestionar la prevención

de la contaminación y el control de las actividades, productos y procesos que causan o podrían causar impactos sobre el medio ambiente, y además, para demostrar su coherencia en cuanto al cumplimiento de su compromiso fundamental y respecto por el medio ambiente. (Icontec, 2005)

Sistema de Gestión Ambiental: se define como un sistema estructurado de gestión que incluye la estructura organizativa, la planificación de las actividades, las responsabilidades, las prácticas, los procesos, los procedimientos y los recursos para desarrollar, implantar, llevar a efecto, revisar y mantener al día los compromisos en materia de protección ambiental que suscribe una empresa. (Ministerio de Fomento, Industria y Comercio [MIFIC], 2015).

Dado que se quiso implementar un sistema que ayudara a la restauración de la mina, se miró cuáles son los problemas ambientales que esta le genera al medio ambiente para así poder mitigarlos.

A raíz de que para la fabricación de los bloques se necesita material vegetal, los mineros han llevado esto a un grado de destrucción del hábitat nativo de

Sabanilla, lo que con lleva a la desaparición de la fauna silvestre en varias zonas de la mina. Al hacer la remoción de la capa del suelo para la extracción de la arcilla, esos suelos quedan debilitados por los tipos de manejo que le dan. Otra problemática que es de gran importancia es toda la contaminación que es emitida por los hornos artesanales a la atmósfera, ya que estas partículas que generan pueden causar grandes enfermedades a los trabajadores de la mina.

También se pudo determinar que al ser extraída la arcilla se contamina gran parte del recurso hídrico del que ellos se benefician. No cuentan con un manejo de los residuos sólidos; todo lo que generan lo tiran, afectando el medio ambiente y esto, a su vez, les puede generar enfermedades a los trabajadores

## **Materiales y métodos**

Según Hernández (2014),

con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera

independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren.

Con base en lo anteriormente dicho, es preciso afirmar que la investigación es de este tipo porque uno de sus principales objetivos es describir las características, los impactos ambientales más relevantes que se generan en la zona que abarca la unidad minera y las actividades y procesos realizados en esta para, posteriormente, analizar la información obtenida y, de esta manera, implementar un diseño de gestión ambiental bajo la norma ISO 14001 de 2015 en la mina de arcilla sabanilla de San Juan del Cesar, Guajira.

En esta investigación también se implementa el método de tipo deductivo, dado que se parte de lo general, la aplicación de la norma internacional ISO 14001:2015, a lo particular, que en este caso es el diseño de un sistema de gestión ambiental para la mina de arcilla Sabanilla. El diseño se considera dentro de esta clasificación porque, para esta investigación, no es necesario realizar procedimientos que cumplan con las condiciones de un experimento. Además, teniendo en cuenta que para la realización de este estudio se busca, en primera instancia, observar el estado de

cada uno de los componentes bióticos, abióticos y socioeconómicos del área que conforma la mina y el grado de alteración que estos presentan debido a la actividad productiva de la misma, es preciso afirmar que se trata de una investigación no experimental, puesto que para esto se observara el fenómeno tal como se da en su contexto natural para, posteriormente, ser analizado y por medio del SGA buscar posibles soluciones al mismo. Sobre todo, teniendo en cuenta que para tales fines no es necesario ningún tipo de manipulación de las variables por parte de los investigadores.

Para la realización de esta investigación y lograr los objetivos planteados, se establece el siguiente diseño de investigación, en el cual se empleó la metodología propuesta por la norma ISO 14001 de 2015 (Sistemas de Gestión Ambiental), cuyas etapas se describen en la figura 1 que se presenta a continuación.



**Figura 1.** Proceso de extracción de arcilla elaboración de ladrillos en la mina Sabanilla.

Las técnicas usadas en este estudio para la recolección de datos e información en primera instancia son la observación objetiva y empírica de las situaciones que se presentan en la unidad minera estudiada, la realización de una serie de entrevistas y encuestas a los distintos actores (tomando como principal referente al propietario de la mina).

La población involucrada en el presente estudio fueron los treinta trabajadores de la mina de arcilla Sabanilla del municipio San Juan del Cesar, La Guajira, así como los habitantes de la zona aledaña, correspondiente al barrio Loma Fresca, con una población aproximada de 140 individuos.

## Resultados

Para esta revisión se tuvo en cuenta, principalmente, la entrevista realizada al encargado de la mina, la cual arrojó

como resultados más relevantes los datos que se presentan a continuación en la tabla 1.

**Tabla 1. Resultados de la entrevista realizada al encargado de la mina**

El yacimiento está siendo explotado de manera artesanal e ilegal, ya que no cuenta con ninguno de los requisitos que exige la ley.	No implementa ninguna medida de gestión ambiental que le permita prevenir, mitigar, corregir o compensar el daño causado al ambiente	Cuenta aproximadamente con 30 trabajadores, los cuales no utilizan ningún implemento de seguridad, por lo cual están expuestos a todo tipo de peligros.
No existe una política ambiental con objetivos y metas definidas. No se implementan programas ambientales	No utilizan energía eléctrica en ninguna de las actividades que se realizan en las instalaciones de la mina.	No cumple con las condiciones mínimas sanitarias, ya que no cuenta con acueducto y alcantarillado.

En La mina de arcilla Sabanilla, haciendo revisión de las prácticas de gestión ambiental, se pudo determinar que esta no cuenta con ningún tipo de gestión ambiental o prácticas que conlleven al mejoramiento del entorno entre los trabajadores y el ambiente.

La tabla 2 presenta los resultados de la entrevista aplicada al encargado de la mina, al igual que las observaciones anotadas en las diferentes visitas realizadas al área de estudio permitieron elaborar el siguiente diagnóstico, en el que se presenta la información obtenida de cada uno de los componentes ambientales.

**Tabla 2. Diagnóstico ambiental de la mina**

Flora	Fauna	Agua	Aire
<p>Antes de que la unidad minera iniciara sus trabajos, dentro de esta y sus alrededores se encontraba una gran cantidad de especies vegetales constituida por árboles, arbustos, hierba y matorrales; de las cuales predominaban especies nativas como el barquito morao', la ceiba, el yarumo, etc. En la actualidad esta riqueza de flora ha presentado una disminución abismal, debido al desmonte que se realiza como primer paso para iniciar la extracción de la arcilla, el cual consiste en retirar toda la capa vegetal que se encuentra en la superficie del terreno a intervenir.</p>	<p>Debido a la deforestación incontrolada en la zona, las especies faunísticas que habitan en las diferentes especies vegetales se ven obligadas a emigrar de sus hábitats naturales a otros lugares en los que tal vez no encuentren todas las condiciones requeridas para su supervivencia, pudiendo generarse problemas en su desarrollo, en su reproducción e inclusive la muerte.</p>	<p>El recurso hídrico requerido en el proceso de fabricación de ladrillos y durante todo el proceso productivo de la mina no es muy elevado, generalmente es tomado de los hoyos que alcanzan una profundidad mayor al nivel freático, por lo cual se llenan de agua subterránea o del agua lluvia que se almacena en las canteiras. En ocasiones, cuando no cuentan con estas aguas naturales, el recurso requerido es tomado del acueducto y transportado con mangueras, a partir las casas vecinas hasta las instalaciones de la mina.</p>	<p>El aire en esta zona se ve afectado de diferentes formas; una es por el polvillo que se genera durante el desprendimiento de la arcilla del suelo, teniendo en cuenta que, por su tamaño, las arcillas entran en el grupo de coloides, los cuales tienen la capacidad de suspenderse en el aire durante un tiempo suficiente como para ser consideradas un contaminante en la atmósfera. La otra forma de contaminación atmosférica, y la más importante que ocurre en la mina, es aquella que se da debido al uso de hornos para la quema de los ladrillos, los cuales son alimentados con leña y ACPM.</p>

Paisaje	Seguridad y salud	Generación de empleo
<p>El paisaje de la zona también es uno de los grandes afectados, en él se pueden observar aspectos ambientales altamente notorios que, en conjunto, resultan en un alto grado de degradación de la estética del paisaje, como son la pérdida de la vegetación, la alteración de la topografía, y el mal manejo de los residuos sólidos, como trozos de ladrillos defectuosos, llantas, palos, botellas y toda clase de envolturas plásticas de productos que utilizan los trabajadores principalmente para su alimentación.</p>	<p>Es evidente que los trabajadores no cuentan con los elementos ni la capacitación necesaria para trabajar de manera segura, de tal forma que se evite al máximo la ocurrencia de accidentes, dado que laboran en condiciones inadecuadas, debido a que no utilizan uniforme, guantes, botas, casco, etc., No existe un plan de contingencias en caso de emergencias y los trabajadores no cuentan con afiliación a un seguro de salud.</p>	<p>En este aspecto es importante mencionar que la mina no pertenece a una sola persona como en la mayoría de los casos, sino que está subdividida y cada sección tiene un propietario diferente sin ningún tipo de sociedad u organización entre los mismos, y cada uno está en la libertad de contratar a los trabajadores que considere necesario, en promedio cada uno contrata entre tres a cinco personas de escasos recursos y, en su mayoría, con bajo nivel de escolaridad, que aunque en muchos casos no reciben un salario adecuado, encuentran en este empleo el sustento para sus familias.</p>

Básicamente estos factores ya mencionados son los que afectan de manera directa o indirecta, ya que, como se ha mencionado antes, la flora es afectada por la tala intensiva de árboles que se realiza en esta zona y, peor aún, no contribuyen con el reparo de este daño, ni quiera plantando un árbol, para así evitar que terminen por desaparecer dichas especies. A su vez, se encuentran en peligro de extinción ciertas especies que son nativas de ese mismo hábitat y que, por causa de la misma tala de árboles, han tenido que emigrar, ya que no encuentran ese espacio acorde con sus necesidades. En lo que respecta al aire se ve también

afectado, ya que esa emisión de gases o, en su defecto humo, se concentra y, a su vez, se esparce cerca de las comunidades que se encuentran aledañas a estos sitios mineros y, desde luego, puede afectar a la salud humana. El suelo y el agua que ellos utilizan son también de esas mismas comunidades al momento de darle un uso no tienen la precaución de tomar o usar con cierto cuidado, simplemente van hasta el lugar en el que se encuentra el agua, la toman y listo, toda esta actividad no cuenta como tal con un reglamento que deban tener en cuenta para así disponer de los mismos recursos y espacios.

En la siguiente tabla se presenta el contexto interno y externo de la mina de arcilla sabanilla, analizado a través de una matriz DOFA (fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades).

**Tabla 3. Matriz DOFA (fortalezas, debilidades, amenazas y oportunidades)**

<b>Matriz DOFA</b>	
<b>Fortalezas (F)</b>	<b>Debilidades (D)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Más de quince años de experiencia en la producción de ladrillos.</li> <li>• Aceptación de sus productos en el mercado.</li> <li>• Se maneja un precio competitivo del producto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La empresa no cuenta con ningún requisito legal que exige la ley.</li> <li>• No se implementa ninguna medida de gestión ambiental.</li> <li>• No está definida la política ambiental.</li> <li>• Falta de tecnologías adecuadas.</li> <li>• Carencia de infraestructura.</li> </ul>
<b>Estrategias (FO)</b>	<b>Estrategias (DO)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de un sistema de gestión integral con base en las normas ISO 14001:2015.</li> <li>• Estudiar nuevos mercados para incrementar el volumen de venta del producto.</li> <li>• Fomentar mayor interés de los clientes hacia la mina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementar sistemas eficientes que permitan ejercer una revisión y un control permanente de todos los procesos que se implementan en la mina.</li> <li>• Desarrollar y promover la imagen de la empresa frente al mercado.</li> </ul>
<b>Estrategias (FA)</b>	<b>Estrategias (DA)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cumplir los requisitos legales que exige la ley.</li> <li>• Aumentar la participación de los integrantes de la mina en el mejoramiento continuo y eficaz de los estándares de seguridad, salud ocupacional y cuidado del medio ambiente al interior de la organización.</li> <li>• Preparar estrategias de mercado para impulsar la competencia empresarial.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecución de planes de mejoramiento y requerimientos que establecen los entes de control pertinentes.</li> <li>• Formular y evaluar programas en pro de la mitigación de los impactos negativos ambientales.</li> <li>• Garantizar las condiciones de seguridad e higiene y herramientas para la prevención de accidentes y enfermedades laborales</li> <li>• Aplicar alternativas para la implementación de tecnologías limpias.</li> <li>• Capacitar al personal de la mina constantemente.</li> </ul>

## Conclusiones

El análisis de los aspectos internos y externos asociados a la mina de arcilla Sabanilla contribuyó a la comprensión de su contexto, lo cual fue necesario para establecer un punto de partida sobre el que cimentar las bases para el diseño del Sistema de Gestión Ambiental. En este sentido, fue posible identificar las partes interesadas y sus necesidades y expectativas con respecto a la mina, logrando determinar que las principales son la comunidad, los empleados y los clientes. Se definió, además, que el SGA abarcará todos y cada uno de los componentes que forman parte de la red de procesos de la unidad minera, considerando también la totalidad de productos y actividades inmersos dentro de esta.

Así mismo, el análisis realizado arrojó como resultado que la mina no lleva a cabo ningún tipo de gestión ambiental, de ahí la necesidad de diseñar un sistema, con el fin de cumplir con los requisitos legales y las exigencias del mercado nacional, el cual, una vez implementado, mejorará el desempeño ambiental, control de costos, relaciones con las autoridades e industria, la reducción los incidentes ambientales, entre otros beneficios.

Durante la planificación del SGA, se logró la identificación de trece aspectos ambientales (cambios en el entorno paisajístico, pérdida de la cobertura vegetal, producción de residuos orgánicos como troncos, hojas, etc., generación de material particulado, remoción de suelo, carencia de elementos de protección personal, consumo de agua, generación de residuos por ladrillos defectuosos, emisión de gases contaminantes por combustión incompleta, uso de madera como combustible, falta de preparación de ante posibles incendios, producción de residuos sólidos domésticos por consumo de alimentos o refrigerios, ausencia de un lugar para la higiene de los empleados), los cuales son producto de todas las actividades que forman parte de la red de procesos de la mina.

Entre los hallazgos encontrados cabe mencionar el incumplimiento de la mayor parte de los requisitos legales exigidos por la normativa colombiana y que deben tenerse muy en cuenta para la implantación y el correcto funcionamiento del Sistema de Gestión Ambiental.

Así mismo, se determinaron concreta y sintetizadamente los objetivos ambientales que debe cumplir dicha unidad minera, cada uno encaminado hacia metas diferentes, pero con un fin común:

“el manejo de los impactos ambientales generados por la actividad en la zona de influencia”. Para el logro de estos, se propusieron siete programas de gestión ambiental que corresponden al manejo de la contaminación atmosférica, los residuos sólidos, los escombros, los suelos, la fauna y flora, la seguridad y salud en el trabajo y la contratación de mano de obra.

## Referencias

- Acosta, A. (2014). *Foro de Minería Responsable*. Universidad de La Guajira. Riohacha, La Guajira.
- Cardona, M.M., Chiner, S.E. y Lattur D.A. (2005). *Diagnóstico psicopedagógico. Conceptos básicos y aplicaciones*. San Vicente, Alicante: Club universitario. Recuperado de <http://www.editorial-club-universitario.es/pdf/4412.pdf>
- Gaviria, L. (2007). *Diagnóstico del estado actual de la gestión ambiental frente a la norma ISO 14001 en la empresa de acueducto y alcantarillado de Pereira*. Pereira: Universidad tecnológica de Pereira.
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación*. 6.<sup>a</sup> ed. Ciudad de México, México: Mcgraw-Hill-Interamericana Editores.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Icontec). (2005) *Implementar un sistema de gestión ambiental según ISO 14001: Guía básica para las empresas comprometidas con el futuro*. Bogotá, D.C.
- López, D. (2011). *Mucho más carbón, el escenario minero de La Guajira*. Riohacha: Universidad de la Guajira.
- Ministerio de Fomento, Industria y Comercio (MIFIC) (2015). *Sistema de gestión ambiental*. Recuperado de <http://www.mific.gob.ni/GESTIONAMBIENTAL/SISTEMADEGESTIONAMBIENTAL.aspx>
- Ministerio de Minas y Energía (2003). *Glosario Minero*. Bogotá, D.C.
- Sánchez, J. (2001). *El medio ambiente en Colombia: uso del territorio en Colombia*. Instituto de Ciencias Naturales. Facultad de Ciencias. Instituto de Estudios Ambientales. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ministerio del Medio Ambiente. República de Colombia.
- Villamizar. (14 de septiembre del 2016). *Actividad minera mundial: producción mundial de minerales*. Recuperado de [https://historiaybiografias.com/actividad\\_minera/](https://historiaybiografias.com/actividad_minera/).

# Estudio sociotécnico de la implementación de un sistema de energía limpia fotovoltaica en las instalaciones de la Fundación Universitaria del Área Andina

Carlos Díaz<sup>1</sup>, Leticia Acosta<sup>2</sup>, Lina Buelvas<sup>3</sup>, Keila Barba<sup>4</sup>, Melida Cobo<sup>5</sup>

## Resumen

En la actualidad, la importancia que tiene la generación de fuentes de energía alternativa ha producido un cambio de mentalidad en la sociedad, ya que se promueve la sostenibilidad y responsabilidad ambiental. El objetivo de este proyecto es proporcionar una nueva alternativa que satisfaga las necesidades energéticas en el sector de la cafetería en la Fundación Universitaria del Área Andina mediante el uso de energía fotovoltaica. Esto consiste en una ardua investigación realizada con estadísticas que identifican el servicio que se brindará a la Universidad y, simultáneamente, medir las insuficiencias en el sector ya mencionado. También presenta un estudio detallado del uso de paneles solares como un método de disminución de los costos de energía, que ayudó a obtener los cálculos necesarios para adquirir la resistencia y la duración del tiempo de espera del panel. La reducción de la dependencia energética y la garantía de suministros a través de energías renovables es una necesidad en la sociedad actual, promoviendo la sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

**Palabras clave:** energías renovables, energía solar, sociedad, sostenibilidad ambiental.

---

<sup>1</sup>Ingeniero electrónico, docente del programa Ingeniería Geológica de la Fundación Universitaria del Área Andina, sede Valledupar. Correo: cdiaz5f@areandina.edu.co

<sup>2</sup>Ingeniera electrónica, docente del programa Ingeniería Geológica de la Fundación Universitaria del Área Andina, sede Valledupar.

<sup>3</sup>Ingeniera agroindustrial, docente del programa Ingeniería Geológica de la Fundación Universitaria del Área Andina, sede Valledupar.

<sup>4</sup>Estudiante del programa Ingeniería Geológica de la Fundación Universitaria del Área Andina, sede Valledupar.

<sup>5</sup>Estudiante del programa Ingeniería Geológica de la Fundación Universitaria del Área Andina, sede Valledupar.

## Introducción

La humanidad con el paso del tiempo ha presentado necesidades que son imprescindibles abastecer y que, debido a diversos aspectos contaminantes, no han podido ser aprovechadas de la mejor manera, incluso teniendo tantos recursos naturales a nuestro favor.

Uno de los recursos más relevantes que puede existir es el de las energías limpias, o también llamadas energías renovables; capaces de generar energía eléctrica a través de fuentes limpias, crecientes e inagotables, a diferencia de aquellos procesos realizados con la ayuda de combustibles fósiles, que son los responsables de grandes consecuencias, como el efecto invernadero, que afecta el clima e incrementa las cifras de emisiones contaminantes en todo el mundo. Dichos mecanismos generadores de energía no solo presentan diferencias en cuanto a la contaminación del entorno, sino también en la diversidad, abundancia y potencial que contiene el aprovechamiento de las energías limpias en cualquier parte del planeta.

La energía solar es una de las clases de producción de energía eléctrica más prometedora, ya que su funcionamiento depende totalmente de los rayos de luz emitidos por el sol. Funciona por medio

de paneles compuestos por pequeñas celdas solares encargadas de transformar la luz del sol en electricidad que podemos utilizar para satisfacer actividades cotidianas.

Esta forma de obtención de energía contribuye al desarrollo sostenible y es una fuente muy recursiva y poco costosa a largo plazo.

Es por ello que a nivel internacional, concretamente en las instalaciones del Campus Montecillo del Colegio de Postgraduados, ubicado en el municipio de Texcoco, estado de México, se diseñó y construyó un sistema mecánico-electrónico, para optimizar el proceso de captación de energía solar para su conversión en energía eléctrica, orientando de manera automática paneles solares en dirección de mayor incidencia de radiación, para subsanar la necesidad de luz a sus estudiantes, el mejor rendimiento energético se obtuvo cuando el seguidor solar se orientó al sol cada 60 minutos.

Respecto a la energía generada por un panel fijo, el seguidor solar que se orientó cada 60 min produjo hasta un 27,98 % más de energía, con un gasto energético del 0,3 % de la energía

total generada o lo que es igual a un 1,3% de la ganancia energética final. Esto contribuye a la generación de innovación y alcances medio ambientales para la ayuda en cadena de energías limpias en Latinoamérica. (Gómez, Quevedo, Castro, Bravo y Reyes, 2015)

Teniendo en cuenta lo anterior, la Fundación Universitaria del Área Andina actualmente no cuenta con un sistema alternativo de innovación que sea autosostenible y que permita generar energía eléctrica a través de los recursos naturales que se encuentran a nuestros alcances y que, a su vez, permita reducir la contaminación mediante la reducción de emisiones atmosféricas.

Es por ello por lo que la finalidad de esta investigación es implementar o desarrollar este proyecto como beneficio para los estudiantes de la Fundación Universitaria del Área Andina, sede Valledupar, promoviendo el uso de energía fotovoltaica, siendo su principal característica no producir emanación o producción de gases invernaderos, aportando al planeta energía limpia.

En vista de ello, la importancia que recae desde este punto, y teniendo en cuenta que la transformación de la energía genera muchos daños al ambiente, se

busca desarrollar un estudio sociotécnico en la implementación de un sistema de energía limpia y fotovoltaica en las instalaciones de la Universidad, de manera que logremos analizar el impacto generado por la implementación de un sistema de paneles solares en la comunidad del barrio Lorenzo Morales de la ciudad de Valledupar, identificar la percepción de la comunidad universitaria sobre la aplicación de sistema de energía limpia, determinar las ventajas de la aplicación de un sistema de paneles solares, diseñar un sistema de energía limpia fotovoltaica e implementar el sistema de energía limpia fotovoltaica en la cafetería de la Fundación Universitaria del Área Andina.

## **Materiales y métodos**

### **Localización espacial**

Esta investigación se realizará en torno a la zona de la cafetería de la Fundación Universitaria del Área Andina en el municipio de Valledupar, Cesar, Colombia.

### **Localización institucional**

Este proyecto se desarrollará bajo

los criterios y especificaciones de la facultad de Ingeniería y el área de planta física de la Fundación Universitaria del Área Andina Sede Valledupar.

## Tipo de investigación

En la siguiente investigación se plantea un enfoque cuantitativo debido a que este está más centrado en el conteo y clasificación de características y en la construcción de modelos estadísticos y cifras para explicar lo que se observa. Está basado en la toma de datos sobre variables para así poder analizar, en este caso, alternativas de uso de energía, tomando como referencia un previo análisis realizado que relacione los datos concernientes al ahorro total, funcionamiento del sistema y efectividad, y finalmente lograr determinar los beneficios que el mismo traerá a la comunidad.

## Método

Se mostrará de forma clara la finalidad de la investigación mediante el uso de herramientas tales como cuestionarios, encuestas, mediciones y otros equipos para recoger información numérica o medible. Además de presentar marco teórico y textos que sustenten la investigación, se evidencian tablas que contie-

nen información en forma de números y estadísticas, las cuáles hacen más valerosos los puntos desarrollados y vuelven la información más verídica.

## Materiales

Los materiales requeridos para la investigación son los siguientes:

- 3 paneles solares de 90 watts
- 2 paneles solares de 150 watts
- 5 baterías de 120 amperios
- 5 reguladores 12/24 10 Amperios digital
- 5 inversores samplex de 450 watts 12voltage
- 10 tomacorrientes con puerto USB

## Procedimiento

La investigación consta de dos partes, un análisis a través de encuestas para denotar el impacto social de proyectos como estos de energía solar fotovoltaica y, a la vez, una evaluación cuantitativa del diseño para todo lo que es referente a la instalación.

## Encuestas

### Establecimiento de los objetivos de la encuesta

El primer paso para hacer una encuesta consiste en establecer claramente los objetivos que se buscarán alcanzar con esta. Los objetivos de una encuesta se establecen en función a la razón por la que se ha decidido realizarla; por ejemplo, si la razón por la que se ha decidido hacer una encuesta para conocer si la comunidad estudiantil tiene conocimiento de las energías limpias, si se necesita implementar tomas y puentes USB en la universidad. (Crece-negocios.com, 2015)

### Determinación de la población o universo a estudiar

Una vez establecido los objetivos, se procede a determinar la población a estudiar. La población o universo por estudiar es el conjunto de personas con características similares de las cuales se desea obtener información que permita, una vez analizada, cumplir con los objetivos de la encuesta. (Couselo et al.)

### Identificación de la información a recolectar

“Una vez determinada la población o universo a estudiar, se procede a identificar la información a recolectar” (Couselo et al.)

### Cálculo de la muestra

El cálculo de la muestra se realiza con la siguiente fórmula:

Fórmula 1. Cálculo de la muestra

$$u = \frac{N * e_z + z_z * d * b}{z_z + d * b + N}$$

### Recolección de la información

“Una vez diseñado el cuestionario, se procede a recolectar o recoger la información requerida; es decir, a hacer efectiva la encuesta” (Crece Negocios, 2015).

### Contabilización y procesamiento de la información

“Una vez recolectada la información, se procede a contabilizarla y a procesarla de tal manera que pueda ser fácilmente analizada” (Couselo et al.).

## Análisis de la información

“Finalmente, una vez contabilizada y procesada la información, se procede a analizarla e interpretarla, y a obtener las conclusiones correspondientes”. (Couselo et al-).

## Diseño del sistema fotovoltaico

Para el diseño del sistema se utilizan las siguientes fórmulas:

$I = \text{amperio}$

$V = \text{voltios}$

$P = \text{watts}$

$R = \text{ohmio}$

Potencia puerto USB

$I = 2A$

$Pot = V \times I$

Potencia PC portátiles

$I = 3A$

$Pot = V \times I$

Potencia total de consumo =  $Pot1 + Pot2 + Pot3$

Calibrado de salida del inversor

Salida de 110 voltios a 450

$450/110 = 4,09$  amperios

## Paso a paso

1. Para hacer la base del túnel se recortaron dos láminas galvanizadas de 1,20 x 55 y se reforzaron con varillas metálicas de tal forma que se unificaron ambas láminas.

$$n = \frac{(1,96)^2(0,5)(0,5)(3406)}{(3406)(0,05)^2 + (1,96)^2(0,5)(0,5)} = 345 \text{ ENCUESTAS DE LOS ESTUDIANTES}$$

2. Se fijaron las bases de antenas a la estructura. Para este procedimiento se utilizaron chazos metálicos.
3. El panel solar de 90w se fija a la base, lo cual permite que el panel adquiera una posición perpendicular a la superficie y un ángulo de 45°.
4. Se instalan los pte de amigo de 1 hp en la superficie de la placa.
5. Se ubica la caja de seguridad de 60 x 40 x 45 sobre los pte de amigo.

6. Se instalan un regulador de 12/24 10 A digital, un inversor Samplex de 450w y 12 voltios, y la batería de 100 A y 12 voltios, dentro de la caja de seguridad.
7. El panel se conecta al regulador a través de un cable encauchado número 12 multifilar.
8. Se conecta el regulador a la batería.
9. Se conecta la batería al inversor de 450w y 12v.
10. Se ubican 9 metros de tubos metálicos galvanizados de  $\frac{1}{2}$  que inicia desde la placa hasta las zonas verdes, cerca de la zona de bienestar universitario.
11. Se inicia la excavación de una zanja de 40 cm de profundidad para cumplir la norma.
12. Se ubican seis tubos de PVC de 3x1/2 dentro de la zanja.
13. Se ubica una cajetilla 2x4 Codelta en la finalización de los tubos para hacer los empalmes.
14. Se ubican 8 tubos metálicos de 3 x 1/2 con sus respectivas abrazaderas en la parte interna de la cafetería para las conexiones de los tomas y lámparas.
15. Se ubican cables unifilares del inversor a la parte inversa y como este solo envía corriente en un solo sentido se tienen que ubicar 36 metros del cable positivo y 36 del cable negativo, por lo tanto, son 72 metros de cable.
16. Se instala la cuchilla para mantener el sistema alimentado por corriente alterna en caso de presentar alguna falla o de falta de corriente por días nublados.
17. Se hace la instalación del cableado interno para la conexión de las lámparas y los tomacorrientes.
18. Se desinstalan las lámparas halógenas antes instaladas para instalar las nuevas lámparas LED de medida 2x32.
19. Se hacen los empalmes para cada lámpara y para cada toma, cada uno con 2 m de cable para las conexiones.
20. Se debe hacer el encendido del inversor para hacer la prueba del sistema y se comprueban los voltios que recibe cada toma.

## Resultados

Las encuestas fueron realizadas tanto en la Urbanización Lorenzo Morales como en la comunidad estudiantil de Areandina. Los cálculos de las muestras para que la encuesta sea válida fueron los siguientes:

$Q = \text{probabilidad de no ocurrencia}$   
(0,5)

Al aplicar la fórmula 1, tenemos que:

$$n = \frac{(1,96)^2 (0,5)(0,5)(2000)}{(2000)(0,05)^2 + (1,96)^2 (0,5)(0,5)} = 302 \text{ ENCUESTAS DE LORENZO MORALES}$$

## Encuestas

### Cálculo de encuesta para la comunidad de Lorenzo Morales

$z = \text{nivel de confianza}$  (1,96)

$e = \text{grado de error}$  (0,05)

$p = \text{probabilidad de ocurrencia}$  (0,5)

A partir de las encuestas realizadas en la localidad de Lorenzo Morales, se observó que la implementación del sistema de energía fotovoltaica es considerada una contribución significativa a esta comunidad, ya que les permite el uso de hidro bombas y electricidad en sus hogares.

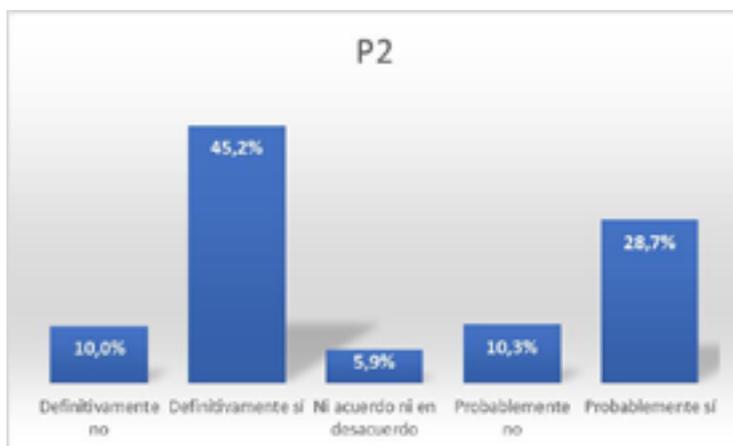


Figura 1. Respuestas de la comunidad acerca del beneficio del sistema.

## **Cálculo de encuesta de los estudiantes de la Fundación Universitaria del Área Andina**

Este estudio permitió conocer que la Universidad no contaba con un sistema de energías limpias y, de igual forma, los estudiantes desconocían los beneficios de una implementación como esta y su trascendencia.

## **Cálculos para el diseño del sistema fotovoltaico**

$$I = V/R$$

$$V = P/I$$

$$I = P/V$$

Donde

I= corriente

V= voltaje

P= potencia

R= resistencia

Unidades

A= amperios

V= voltios

P = watts

R= ohmios

Potencia puerto USB

$$I = 2A$$

$$Pot = V \times I$$

$$V = 5$$

$$P = 5 \times 2 = 10w \text{ máximo}$$

Como son dos puertos  $10 \times 2 = 20w$

Potencia total de puertos USB = 20w

Potencia PC portátiles

$$I = 3A$$

$$Pot = V \times I$$

$$V = 19V$$

$$P = 19 \times 3 = 57w$$

Como son dos tomas de conexión

$$57w \times 2 = 114w \text{ total máximo}$$

Potencia total de PC portátiles = 114w

Potencia Luces LED

Bombillos leds están entre 10-15 watts

$$\text{Máximo } 15 \text{ watts} \times 2 = 30 \text{ watts}$$

Potencia máxima de luces led = 30 watt

Potencial total de consumo = Pot1 + Pot2 + Pot3

$$Pot1 = 20 \text{ watt}$$

$$Pot \text{ total} = 20 + 114 + 30 = 164 \text{ watt}$$

$$Pot2 = 114 \text{ watt}$$

$$164 \text{ watt} / 0,75 = 218.6 \text{ watt para que el}$$

sistema se sostenga

$P_{ot3} = 30 \text{ watt}$

Calibre del cable

$90/24 = 3,5 \text{ amperios}$

$90/12 = 7,5 \text{ amperios}$

Corriente máxima de regulador que circulará = 7,5 amperios

Corriente mínima de regulador que circulará = 3,5 amperios

Calibrado de salida del inversor

Salida de 110 voltios a 450

$450/10 = 4,09 \text{ amperios}$

## Conclusiones

Esta investigación se realizó con el fin de conocer las energías limpias y lo que representan para la nueva era de las instalaciones y del aprovechamiento de los recursos naturales sin afectar el medio ambiente, siendo uno de los temas más importantes para este nuevo siglo.

Una implementación de este tipo de proyectos representa, no solo para la Universidad, sino también para la ciudad, un gran paso en pro de mejorar las condiciones en las que se encuentra la región, ya que recibe una gran cantidad de radiación, el cual da la seguridad de que dicho proyecto es fiable en esta zona y lleva a sobrepasar las murallas de la

institución a nivel regional y nacional, ya que muy pocas instituciones de educación superior en el país han llegado al punto de incursionar en la implementación de métodos de energía alternativa que nos brinden un cuidado del medio ambiente, llevando el proyecto a sectores necesitados, relacionándolo con las comunidades, y siendo pioneros en la fundamentación de proyectos de este tipo.

La culminación de este sistema se llevó a cabo en la cafetería de la Universidad. Se puede considerar un gran beneficio para los estudiantes, pues las expectativas generadas por el proyecto fueron suplidas, llevando a los estudiantes a tener un mejor uso de los artefactos tecnológicos en la zona renovable que se encuentra habilitada para todo el personal, la cual se caracterizará por ser un espacio libre y que no generará ingresos al plantel, solo beneficios, convirtiéndolo así en un espacio práctico de estudio y socialización para los estudiantes, centrado en suministrar la importancia que presenta el medio ambiente hoy en día, hecho que es innegable, en especial para la ingeniería como ciencia. El uso y el abuso del medio ambiente y sus energías es cada vez más notorio sobre los complejos fenómenos naturales, altera-

ciones que están afectando a todos los seres humanos. Es por eso que surge la necesidad de implementar este proyecto, para ser amigables con el planeta, generar una mejor calidad de vida, un mejor ambiente estudiantil con una base ecológica fuerte y expandiendo así la utilización de una energía limpia y renovable dentro del ambiente universitario.

## Referencias

- Couselo, R., Williams, E., Pendón, M., Cibeira, N. y Crespi, M. *Metodología para la recolección de información primaria para determinar la estructura de financiamiento de pymes del sector industrial y la tasa de rendimiento representativa*. Argentina: Universidad Nacional de La Plata.
- CreceNegocios (2015). *Cómo hacer una encuesta paso a paso*. [Página web]. Recuperado de <https://www.crecenegocios.com/comohacer-una-encuesta-paso-apaso/>
- Creus, A. (2014). “Energía Solar”. En: Ediciones de la U. (Ed.), *Energías renovables* (pp. 329-377). 2.º ed. Bogotá, Colombia: Cano Pina.

# Modelo prospectivo de integración en red de la minería a pequeña escala en los procesos de extracción de la roca caliza en el departamento del Cesar

Martha Mendoza<sup>1</sup>, Aura de la Victoria<sup>2</sup>

## Resumen

Para realizar esta investigación se tuvieron en cuenta aquellas canteras del departamento del Cesar que se encuentran en la fase de explotación del mineral, cabe resaltar que se trata de aquellas canteras que se encuentran en fase de construcción y montaje, es decir, preparándose para hacer la extracción del mineral. Se investigaron aquellos factores que afecten de forma directa la estructura organizacional y la prospectiva de las pequeñas minas, teniendo como lugar específico el departamento del Cesar. El tipo de minería que más prevalece en el departamento del Cesar es la que se realiza de forma artesanal en pequeños complejos llamados canteras, la cual poco a poco se ha transformado en una actividad económica que genera grandes ingresos a la economía del departamento. En dichas canteras se extrae el material que posteriormente es comercializado, pero desafortunadamente la explotación de los yacimiento se ha dado de forma no organizada, desmedida y de manera artesanal, poco técnica y de forma empírica, lo cual ha generado diversos impactos en los lugares en que se realiza la extracción del mineral, en especial impactos ambientales, los cuales podrían y deberían ser mitigados. Por lo anterior, se logró establecer de manera correcta la actividad en las canteras y la extracción de esta para mejorar su comercialización, como consecuencia a un desorden que se evidencia en la mayoría de las canteras, y la falta de control y vigilancia que existen sobre ellas.

**Palabras clave:** administración, cantera, comercialización, extracción, minería, prospectiva.

---

<sup>1</sup>Administradora de Empresas. Docente del programa Ingeniería de Minas de la Fundación Universitaria del Área Andina sede Valledupar. Coordinadora del Semillero Huellas. Correo: mmendoza27@areandina.edu.co

<sup>2</sup>Estudiante de Ingeniería de Minas de la Fundación Universitaria del Área Andina sede Valledupar. Correo: ade20@estudiantes.areandina.edu.co

## Introducción

Desde hace muchos años la minería se ha convertido en una de las principales actividades económicas del departamento del Cesar, esto debido a la gran utilidad que pueden representar los minerales que se encuentran en los territorios de dicho departamento; con el pasar del tiempo el auge de la minería ha incrementado y, gracias a esto, muchas personas del departamento del Cesar han podido mejorar su calidad de vida, ya que la minera proporciona una gran fuente de trabajo y ha permitido un gran flujo económico para la región del Cesar.

De igual forma, el tipo de minería que más prevalece en el departamento del Cesar es la que se realiza de forma artesanal en pequeños complejos llamados canteras. En las canteras de caliza se extrae el material que posteriormente es comercializado, pero desafortunadamente la explotación de los yacimientos se ha dado de forma no organizada, desmedida y de manera artesanal, poco técnica y de forma empírica, lo cual ha generado diversos impactos en los lugares en que se realiza la extracción del mineral, en especial impactos ambientales, los cuales podrían y deberían ser mitigados.

Pero esto solo se podría lograr si se establecieran de manera correcta la actividad en las canteras de caliza, como consecuencia a un desorden que se evidencia en la mayoría de las canteras y a la falta de control y vigilancia que existe sobre ellas; la prospectiva que se generan a un mediano plazo no es la mejor. Las canteras de caliza del departamento pudieran generar más y mejores recursos con menos impactos si se realizara con una mejor organización y un mejor orden.

En el marco del desarrollo de la minería a pequeña escala en el departamento del Cesar la presente investigación será de gran utilidad porque es una propuesta innovadora que contribuirá a una mejora en la calidad de trabajo y de vida para las personas que laboran en las canteras y, a su vez, una mejor organización como empresa; de igual forma, tendrá un gran impacto a mediano y largo plazo, permitiendo generar una mejor prospectiva de la minería y mejorando directamente la calidad del trabajo en las pequeñas minas que es la mejor contribución que puede aportar este proyecto, el cual afecta directamente la economía y la productividad del departamento.

Desde el punto de vista social, el modelo propuesto será contextualizado

con base en la necesidad de inducir aproximaciones hacia el desarrollo sostenible, desde el ámbito académico; bajo premisas inspiradas en un enfoque prospectivo, teniendo en cuenta como vértice la articulación entre Estado- Universidad-Sociedad para los procesos de planeación, ejecución, evaluación y control de la gestión de la cooperación en red de las mismas. (España, 2012)

Adicionalmente, por ser un tema novedoso en el contexto organizacional colombiano, los resultados que se obtengan, al igual que el modelo prospectivo que se genere, servirá para futuras publicaciones e investigaciones sobre prospectiva en la integración de redes.

Desde el punto de vista práctico, esta investigación presentara un aporte, principalmente para las canteras, articulado con la comunidad y el gobierno, ya que se dan los primeros pasos en la propuesta de un modelo prospectivo de integración en red en las canteras de minería a pequeña escala en el departamento del Cesar que permita el mejoramiento de un sistema global que involucre las diferentes unidades de análisis.

La investigación planteada presenta en sí misma valor metodológico expresado mediante el propio desarrollo de las

canteras, así como de los planteamientos propuestos, estructurado en un método general caracterizado por una estructura de apropiada organización, economía, política social y de integración en la solidaridad de los mismos actores.

## Materiales y métodos

El tipo de investigación que se realizará es cuantitativa, estudios descriptivos y exploratorios con una población de 370 canteras y una muestra probabilística de las canteras que se encuentran en fase de explotación, los datos serán recolectados mediante inspecciones en sitio y encuestas.

## Población

La población de estudio para la realización de la presente investigación serán las canteras o minas a pequeña escala en el departamento del Cesar, entre las cuales se encuentran canteras de caliza que contribuyen positivamente a la economía del departamento.

## **Técnica e instrumento de procesamiento de los datos**

La técnica que será utilizada para realizar el procesamiento de los datos será la observación de campo directa y la realización de encuestas, las cuales serán procesadas mediante la utilización de la herramienta computacional Excel.

## **Procedimiento diseño y de la investigación**

Para poder realizar el desarrollo de esta propuesta investigativa se llevarán a cabo las etapas a continuación:

- Revisión de antecedentes.
- Recolección de datos.
- Análisis de datos por medio de estudios observatorios, descriptivos y un análisis estadístico de la información, utilizando como herramienta computacional Excel e interpretación de datos.
- Entrega de informe final

## **Descripción y desarrollo del proyecto**

En el marco del desarrollo de la minería a pequeña escala en el departamento del Cesar, el presente proyecto será de gran utilidad, ya que la propuesta de una red de canteras en el departamento

es una propuesta innovadora y que contribuirá a que se mejoren la calidad de trabajo en las canteras y una mejor organización como empresa, de igual forma tendrá un gran impacto a mediano y largo plazo, permitiendo generar una mejor prospectiva de la minería y mejorando directamente la calidad del trabajo en las pequeñas minas que es la mejor contribución que puede hacer este proyecto, el cual afecta directamente la economía y la productividad del departamento.

## **Resultados**

Los resultados obtenidos en el primer momento de la investigación siguen el mismo orden en que fueron recogidos y como se presentan en el diseño de la metodología. Se obtuvieron bases de datos con información de títulos vigentes obtenidos del ANLA (2014), se llevó a cabo la delimitación oportuna de la información y, posteriormente, se obtuvieron los siguientes resultados.

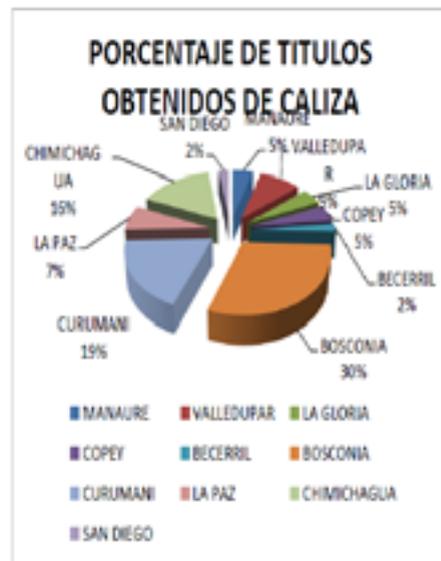


**Figura 1.** Títulos mineros en el departamento del Cesar 2014  
Fuente: elaboración propia (2017) con base en ANLA (2014).

Se pueden inferir de la gráfica 1 aspectos fundamentales como lo son la variedad de áreas de influencias con títulos de concesiones para explotar, de igual forma, la importancia que recae en la utilización de materiales de construcción en el departamento del Cesar, ya que consta de 370 títulos aprobados, distribuidos en materiales de construcción con 182 títulos, la arcilla con siete títulos, la fluorita con dos títulos, asfalto con un título, cobre con 18 títulos, oro con 21 títulos, caliza con 43 títulos, el material de arrastre con seis títulos, balastro con dos títulos, granito con dos

títulos, hierro con nueve títulos, arena y grava con 37 títulos, barita con once títulos, recebo con catorce títulos, vanadio con dos títulos y los materiales pétreos con dos títulos.

La extracción de la minería a pequeña escala es de manera artesanal, las cuales conllevan a beneficiar económica, social y ambientalmente la población que se está viendo afectada por la explotación de este material. Por lo anterior, se deduce que, una de las características comunes es la explotación de depósitos marginales o pequeños, la carencia de capital y el trabajo intensivo con bajos índices de recuperación.



**Figura 2.** Porcentaje de títulos obtenidos de Caliza  
Fuente: elaboración propia (2017) con base en ANLA (2014).

En términos de porcentajes de caliza, se establece que existen alrededor de 43 títulos mineros, de los cuales existe un mayor porcentaje en el municipio de Bosconia, con un 30 % de títulos obtenidos, un 19% en Curumaní y el restante ubicado en los municipios de La Paz, Chimichagua, San diego, Manaure, Valledupar, La Gloria, El Copey y Becerril.

López (2010),

establece que la caliza es una roca sedimentaria porosa de origen químico, formada mineralógicamente por carbonatos de calcio. Cuando se calcina da lugar a la cal. Su textura es granular fina o gruesa, es un poco rasposa. La roca caliza nos muestra la edad de la tierra a través de su gran contenido de fósiles.

Cabe resaltar que la explotación de yacimientos de caliza es de manera rudimentaria, ya que utilizan maquinarias como el martillo, el hilo dentado, sepa-

radores, picos, palas, entre otros, para la obtención del material.

Es por esto que su proceso de transformación y obtención de productos derivados, ha permitido el desarrollo de diversas regiones, debido a su aplicación como materia prima del cemento, lo que la posiciona como un material clave en el sector de la construcción. (López, 2010)



**Figura 3.** Principales usos de la roca caliza  
Fuente: López (2010) y Victoria (2015).

# Nuevas aplicaciones de equipos centrífugos en minería

Henry Brañes<sup>1</sup>, Cesar Osorio<sup>2</sup>

## Resumen

Esta investigación se centra en el análisis de nuevas aplicaciones de equipos centrífugos en minería, basándose en las múltiples fallas geotécnicas de componentes mineros que se han visto en los últimos años, las cuales están provocando contaminación del medio ambiente y descarga de efluentes mineros no adecuados para su disposición en los ríos. Por estas razones, la sociedad y las comunidades exigen mayor regulación y control de la industria minera. Sin embargo, esta investigación propone caracterizar dichas tecnologías y escoger la más eficiente y de menos costo para su puesta en marcha. Así mismo, las operaciones mineras se han enfocado en incrementar su producción, pero han descuidado el adecuado control de construcción y operación de componentes mineros, como el ambiental, el social, entre otros. El artículo evalúa los separadores no solo porque remueven sólidos, sino porque también concentran los sólidos separados y los transfieren (con poca o ninguna pérdida de líquido) hasta el dispositivo que se haya elegido para el manejo de los sólidos separados, reduciendo la pérdida de líquido y reduciendo el manejo de los sólidos deshechos y sus costos.

**Palabras clave:** equipo centrífugo, geotecnia, minería, tratamiento de efluentes.

---

<sup>1</sup>Docente de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Ingeniería-Perú. Correo: hbranesg@uni.edu.pe

<sup>2</sup>Ingeniero de Minas de la Fundación Universitaria del Área Andina. Correo: ceosorio@areandina.edu.co

## Introducción

La contaminación de ríos es uno de los problemas ambientales más importantes en la industria minera.

Sin embargo, el agua se contamina por culpa de la actividad humana, debido al aumento de la población cada año, requiriendo mayor cantidad de agua, comida, transporte, vestimenta, recursos y espacio para vivir. A causa de lo anterior, se produce la emisión de gases tóxicos, la contaminación por desechos, metales y pesticidas; la descarga de desechos químicos y material radiactivos; o incluso accidentes, como los derrames de petróleo. (Ivoflores. [blogspot.com](http://blogspot.com), 2010)

Por lo cual, uno de los principales factores de contaminación tanto de ecosistemas como de fuentes de aguas es la descarga directa sin tratamiento previo de las aguas residuales en los cuerpos receptores (ríos, lagos, quebradas secas o el mar), lo que amenaza la sostenibilidad del recurso y pone en riesgo la salud de la población. (SUNASS, 2015)

En la actualidad, las plantas de tratamientos de efluentes tienen un alto costo de inversión, generando un déficit en la

implementación de estos equipos. Los equipos centrífugos en la minería son utilizados para el tratamiento de afluentes con el fin de reducir los impactos generados al medio ambiente y la sociedad. Este tipo de equipos pueden ser utilizados en la pequeña, mediana y gran minería, puesto que se requiere de poca inversión para obtenerlos.

“La contaminación de los ríos es la problemática más antigua, fundamentalmente generada por las diversas actividades humanas; puesto que la población va requiriendo más agua dependiendo la necesidad” (SUNASS, 2015).

Entre las causas de su contaminación más notables son:

- Basurales
- Contaminación con metales pesados en desechos mineros
- Pesticidas en agricultura
- Desechos de materia orgánica
- Excrementos
- Excesos de alimento
- Contaminación en plantas de celulosa con metales pesados
- Contaminación por fosfatos como detergentes. (SUNASS, 2015)

El artículo analiza la aplicación de

los equipos centrífugos en la industria minera, en especial para la utilización en el tratamiento de efluentes mineros con la finalidad de obtener disminuir los contaminantes y obtener un cumplimiento a las regulaciones ambientales.

## Fundamento teórico

### Drenaje ácido de botaderos y mina

Las aguas ácidas son generadas a causa de un fenómeno denominado “drenaje ácido”, el cual es originado cuando minerales que contienen sulfuros metálicos, entran en contacto con el oxígeno, agua y bacterias, como la *thiobacillus ferrooxidans*. Estas se generan por intervención humana a través de los botaderos y depósitos de relaves en fase de cierre, cuando el drenaje escurre hacia aguas superficiales o desciende al nivel freático. (Rimarachin y Moreno, 2015)

### Procesos metalúrgicos e hidro-metalúrgicos

Tratamiento de efluentes mineros. El agua es crítica para todos los tipos de minería. En algunos lugares las precipitaciones significativas pueden llevar a una escorrenría ácida desde el drenaje

de la mina, pilas de desechos y minas de superficie, contaminando arroyos y ríos. En lugares más secos, la minería y el proceso de minerales utilizan grandes volúmenes de suministros de agua escasos y también pueden contaminar el agua subterránea con químicos tóxicos.

## Sedimentación y centrifugación

La sedimentación: “se trata de una operación de separación sólido-fluido en la que las partículas sólidas de una suspensión, más densas que el fluido, se separan de éste por la acción de la gravedad” (Coy y González, 2016).

La centrifugación:

este es uno de los métodos de separación de mezclas que puede usarse cuando la sedimentación es muy lenta; con el fin de acelerar esta operación la mezcla se coloca en un recipiente que se hace girar a gran velocidad; debido a la acción de la fuerza centrífuga los componentes más pesados se sedimentan más rápidamente y los livianos quedan como sobrenadante. (Coy y González, 2016)

## **Eficiencia del tratamiento de aguas**

Tradicional y centrifugación depende del diseño

## **Reclamos sociales**

La lucha social en contra de la minería, especialmente la metálica, ha venido creciendo a medida que generaciones enteras han visualizado los impactos ambientales y sociales, mismas amenazas que se han intensificado y extendido con el ingreso de nuevos proyectos en una era que se ha denominado recolonización. (Confraternizarho y.blogspot.com, 2012)

## **Efluentes mineros**

“El origen de los efluentes líquidos mineros podemos encontrarlo en los distintos procesos que se llevan a cabo en la mina, así como en el drenaje de lluvias que caen sobre el lugar” (Horizonteminer.com, 2016).

## **Sólidos en suspensión**

“Los sólidos en suspensión son partículas que permanecen en suspensión en el agua debido al movimiento del líquido o debido a que la densidad de

la partícula es menor o igual que la del agua” (Chambi, 2018). La sedimentación es la vía más adecuada para separar los sólidos.

## **Metales disueltos**

Los sólidos disueltos son la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua. Esto incluye cualquier elemento presente en el agua que no sea (H<sub>2</sub>O) molécula de agua pura. El cambio de pH modifica el estado de disuelto ha suspendido, también se consigue removerlos con el empleo de polímeros. (Cadena y Cuervo, 2018)

## **Planta de tratamiento de aguas residuales en minería**

El tratamiento de las aguas residuales, consiste en poner en marcha procesos físicos, químicos o biológicos para poder eliminar los contaminantes de las aguas residuales, con el fin de producir efluentes no dañinos, que se puedan reutilizar.

En la actualidad hay una serie de métodos, procesos, tecnologías, para el tratamiento de aguas residuales, los cuales con el pasar del tiempo van actualizándose, modernizándose

y haciéndose cada vez más eficientes y eficaces. (Johnson y Hallberg, 2005).



Figura 1. Esquema: planta de tratamiento actual

Fuente: elaboración propia

## Hallazgos

*Efectividad del proceso.* Depende de la velocidad que alcanza la partícula dentro de la centrífuga, en comparación con lo que ocurriría bajo influencia de la gravedad. La relación de velocidades de la partícula en la centrífuga respecto de aquella observada con gravedad se conoce como efecto centrífugo o número g:

$$Z = w^2 r / g$$

La fuerza desarrollada en una centrífuga es Z veces la de la fuerza de gravedad.

## Equipos

### Filtro centrífugo

- Pretratamiento de efluentes/soluciones
- Clarificación de soluciones para *merill crowe*
- Filtrado de partículas/flóculos en plantas ADR

### Filtro decantador centrífugo

- Filtrado de partículas/flóculos hasta 30u en plantas ADR

### Decanter

- Preparar relave en pasta/filtrado
- Filtrado de concentrados y lodos de plantas de tratamiento de efluentes

### Filtro cerámico. Nanofiltración

- Filtrado de partículas hasta 0.1u
- Uso de cartucho de carburo de silicio

### Filtro de membranas

- Filtrado de partículas/floculos de 5-10u en plantas ADR
- Autolimpiables

## Aplicaciones de equipos centrífugos para minería



Figura 2. Esquema: planta de tratamiento nueva.

Fuente: elaboración propia

## Principales ventajas en la aplicación de equipos centrífugos

### Protegen las boquillas de aspersión y los orificios pequeños

“Evitan el ensuciamiento, atascamientos y/o desgaste. Eliminan los períodos de interrupción del servicio y el mantenimiento y/o reemplazo de piezas”. (Induserviceecuador.com)

### Extienden la vida de los sistemas de filtración fina y de los sistemas de tratamiento de agua

“Reducen el consumo de cartuchos de micronaje bajo o de filtros de bolsa, con la remoción previa de sólidos más grandes”. (Induserviceecuador.com)

### Protegen los intercambiadores de calor

“Controlan la contaminación por sólidos. Remueven la precipitación de gravilla, escamas e incrustaciones. Mantienen la óptima eficiencia del sistema y evitan la excesiva pérdida de energía”. (Induserviceecuador.com)

### Evitan la acumulación excesiva de sólidos en fosos, sumideros y tanques

En las piletas de las torres de enfriamiento. En las piletas de templado. En los tanques de lavado de piezas. Eliminan la acumulación de sólidos y los inevitables períodos de interrupción del servicio, las remociones a pala y el mantenimiento rutinario. (Induserviceecuador.com)

### Minimizan los deshechos

Extienden la vida de los líquidos de proceso, removiendo los sólidos que causan problemas. Concentran los sólidos separados para su fácil descarte o recuperación / reutilización. Mejore su status con las organizaciones de control del medio ambiente, aportando una economía significativa relacionada al proceso. (Induserviceecuador.com)

## Beneficios en la nueva aplicación de equipos centrífugos

La nueva aplicación de equipos centrífugos generaría en la minería actual una reducción en los costos de inversión y un tratamiento de los equipos; así mismo, una mayor eficiencia en los procesos se generarían mejor calidad de vida para las personas aledañas a las aguas que se contaminan por los distintos procesos, ya sean mineros agrícolas o industriales, y obtener todos estos beneficios permitiría estar en armonía con la sociedad, el medio ambiente y las distintas autoridades ambientales.

## Conclusiones

Las alternativas planteadas mejorarán, tanto las aguas residuales mineras como la calidad de vida de la población involucrada. Por otra parte, se concluye que pueden suceder los siguientes escenarios.

Menor costo: las plantas con equipos centrífugos son de menor inversión que las plantas tradicionales.

Mejor calidad: la variedad de equipos centrífugos y la nana filtración brindan una con mejor calidad de agua.

Mayor eficiencia: los equipos trabajan grandes cantidades de agua de manera eficientes con menor consumo de energía.

Mayor armonía: la disminución o eliminación de la contaminación ambiental aumenta la armonía entre la industria y la sociedad.

La innovación y aplicación de nuevos equipos centrífugos en las empresas mineras a nivel industrial les permitirá crecer.

## Referencias

- Cadena, L. y Cuervo, J. (2018). *Evaluación de la planta portátil potabilizadora de agua lluvia en la empresa Postobón S.A.* Fundación Universidad de América.
- Chambi, Z. (2018). Tratamiento de aguas residuales de lavanderías por el proceso de coagulación-floculación y adsorción. [Confraternizarhoy.blogspot.com](http://Confraternizarhoy.blogspot.com) (2012).
- Coy, J. y González, D. (2016). *Formulación de alternativas técnicas y operativas para el mejoramiento de la planta de potabilización del acueducto de Flandes.* Tolima.
- Johnson, D. y Hallberg K. (2005). Acid mine drainage remediation options: a review.
- Induservicecuador.com. (s.f.) [Página web]. Lakos. sistemas de separación de líquidos sólidos. Recuperado de <http://www.induservicecuador.com/descargas/liquidos.pdf>

Ivoflores.blogspot.com (2010). [Blog]. *Contaminación en los ríos*. Recuperado de <http://ivoflores.blogspot.com/2010/07/contaminacion-en-los-rios.html>

Rimarachin, P. y Moreno, H. (2015). Tratamiento de aguas de efluentes minero-metalúrgicos utilizando, métodos pasivos y activos en sistemas experimentales.

SUNASS (2015). Diagnóstico de las plantas de tratamiento de aguas residuales en el ámbito de operación de las entidades prestadoras de servicios de saneamiento. Perú.

# Uso de herramientas prospectivas en la industria minera: revisión bibliográfica

Luis Araujo<sup>1</sup>, Yolivis Cuello<sup>2</sup>

## Resumen

La prospectiva es una disciplina relativamente joven que implica la previsión de los distintos escenarios en los que puede estar envuelta una actividad, empresa u organización; implica el diseño de estrategias que produzcan los mejores beneficios económicos y lleven hacia el sostenimiento y el éxito. En el área de la minería es importante el uso de la prospectiva porque permitirá establecer el futuro de sus actividades, las cuales se evidenciará en su sostenimiento a largo plazo, así que este documento hace una exploración bibliográfica acerca de la prospectiva estratégica en el sector minero.

**Palabras clave:** minería, prospectiva estratégica, toma de decisiones.

---

<sup>1</sup>Ingeniero de minas. Docente del programa Ingeniería de Minas de la Fundación Universitaria del Área Andina, sede Valledupar. Correo: laraujo@areandina.edu.co

<sup>2</sup>Estudiante de Ingeniería de Minas de la Fundación Universitaria del Área Andina, sede Valledupar. Correo: ycuello2@estudiantes.areandina.edu.co

## Introducción

La palabra prospectiva se relaciona mucho con el futuro, con el devenir, sin embargo, desde el sentido más estricto la palabra hace referencia a aquellas investigaciones y estudios que se realizan con el objetivo de anticipar o prever en cualquier ámbito.

La OCDE puntualiza la prospectiva como el conjunto de tentativas sistemáticas para observar a largo plazo el futuro de la ciencia, la tecnología, la economía y la sociedad con el propósito de identificar las tecnologías emergentes que probablemente produzcan los mayores beneficios económicos y/o sociales. (Prospectiva, 2016)

“Se considera actualmente como una disciplina que tiene una reciente aparición, el concepto fue utilizado en los inicios de la década de los 50 por el pensador francés Gaston Berger, uno de los autores que puede considerarse como uno de sus precursores. En los contenidos compilados por Philippe Durance en *De la prospective, Textes fondamentaux de la prospective française. 1955- 1966*” (Durance, 2007).

Gaston Berger definía la prospectiva como la ciencia que estudia el futuro para comprenderlo y poder influir en él. Con esto se refiere a que mediante el estudio y la imaginación del futuro se cimentan las bases para transformar el presente. Otro de los primeros pensadores o pioneros de la disciplina, el también francés Bertrand de Jouvenel, aportó en sus escritos el concepto de los futuros posibles o “futuribles”, es decir que el futuro se puede concebir como una realidad múltiple. (Astigarraga, 2016)

A partir de los conceptos establecidos, se puede determinar que la prospectiva permite establecer los diferentes caminos que puede seguir una actividad, un proyecto, una empresa, sin embargo, las estrategias que permitirán construir un futuro deseable mediante el cumplimiento de objetivos que lo lleve hacia el sostenimiento, el éxito y la prosperidad.

## Prospectiva estratégica

Como se mencionó anteriormente, la prospectiva está estrechamente relacionada con las estrategias que se implementaran para llegar a un futuro deseado, Se puede definir la estra-

tegia, como el conjunto de acciones que se llevan a cabo para lograr un determinado fin. Se atribuye a Alfred D. Chandler Jr. (1962/1998) la definición de estrategia como la determinación de los objetivos a largo plazo y la elección de las acciones y la asignación de los recursos necesarios para conseguirlos. (Díaz y Morales, 2018)

La planeación estratégica se refiere a una disciplina que tiene como finalidad plantear, establecer y evaluar decisiones que permitan a la organización llevar a cabo sus objetivos. La prospectiva en una empresa tiene múltiples funciones y puede estar conectada con la planeación estratégica, el marketing, la vigilancia e incluso el movimiento de recursos destinados para cualquier actividad. Adicional a ello, hay que hacer énfasis en la influencia que tiene la prospectiva como herramienta de soporte al momento de tomar decisiones en la empresa y a la gestión empresarial como tal.

La prospectiva estratégica es un concepto que corresponde a la construcción del futuro. Tomás Miklos expone que en las últimas décadas ha surgido en los campos científicos un movimiento de anticipación que puede ser definido como el esfuerzo

de hacer probable el futuro más deseable. Es decir, que es la actitud de la mente hacia la problemática del porvenir, y se le dimensiona como elemento clave de un estilo de planeación más acorde con las circunstancias actuales. (Miklos, 2009)

## La prospectiva en la minería

Como se ha explorado, la prospectiva permite dirigir una actividad o empresa hacia un sostenimiento y, por ende, hacia el éxito, por lo que a continuación se señalarán diferentes casos en los que se aplica la prospectiva, particularmente, en el sector minero.

Iniciando con Cano (2017),

en su trabajo *Uso de la dinámica de sistemas y la prospectiva estratégica en la elaboración de planes de desarrollo regionales*, establece que La planeación territorial se ha venido realizando de manera muy desligada al presupuesto según Horvarth y Sauter debido a la carencia de análisis de variables que no son de índole financiero y que se interrelacionan dentro del territorio Debido a esto se hace necesario el planteamiento de nuevas herramientas y metodolo-

gías, que permiten simular sistemas sociales y dinámicos, para plantear y generar planes de desarrollo que permitan una potenciación en las capacidades de las regiones y un mayor crecimiento y aprovechamiento de su territorio. (Horvath y Sauter, 2004)

Por ejemplo, el Ministerio de Energía y Minas de Perú (2016)

elaboró un documento denominado, *Prospectiva estratégica del sector minero*, cual se dividió en cinco capítulos, lo más llamativo de este documento es el último capítulo, en donde analizan los distintos escenarios en los cuales se enmarcan cada uno de los posibles oportunidades y riesgos en los cuales se puede desarrollar el sector minero de Perú., lo cual permitirá encaminar el futuro de la minería en este país. (Rebolledo et al., 2016)

En su artículo, *Prospectiva de la minería en el clúster de zacatecas y los retos para la formación de capital humano*, esta investigación tuvo como objetivo identificar las tendencias tecnológicas futuras para establecer

las competencias que requerirá el capital humano, para incorporarse en las actividades productivas de la cadena de valor del sector minero en la zona de influencia del Clúster Minero de Zacatecas en el año 2025.

En este trabajo se diseñó un instrumento —cuestionario— que se aplicó a profundidad a los actores clave del sector y, de forma complementaria, mediante la revisión de literatura especializada y el manejo de las plataformas Thomson Innovation y Espacenet, entre otras, se identificaron tanto las tendencias tecnológicas futuras de la minería, como el perfil de las competencias que deberá tener el personal que laborará en algún eslabón de la cadena de valor de la minería en Zacatecas en 2025.

En consonancia, la presencia de nuevas tecnologías va a impactar positivamente al sector minero en México, al ofrecer soluciones a problemas específicos de seguridad, medioambiente y eficiencia, mejorando los procesos a través de la formación de personal con la participación de las instituciones de educación superior y políticas específicas.

Por otra parte, Aguilar y Oliva (2015) implementaron una planta de beneficio por extracción de minerales en el

cantón Portovelo, aplicando prospectiva estratégica; los autores explican que por medio de las estrategias establecidas, a partir del respectivo estudio de mercado, se aplicó y procedió a la ejecución y extracción de los minerales metálicos, obteniendo el procesamiento y producto a precios razonables para la parte alta de la provincia de El Oro; además, se reducirían los impactos negativos de alteración del suelo, agua y afectaciones a la salud. El diseño del proyecto está conjeturado con base en la prospectiva estratégica que implica cálculos de regresión y futuro tendencial, diagnósticos al presente y determinación de estrategias, para lo cual se han utilizado las leyes de Newton. Además, indica la capacidad de procesamiento de la planta de 800 ton/día, lo que permitirá realizar el estudio técnico (operación y mantenimiento, mano de obra, equipo, materiales, etc.) y proceder al análisis financiero de sensibilidad; el mismo que indica cuán aceptable y sensata será la ejecución del proyecto. De acuerdo con la evolución de la matriz productiva en el Ecuador, estos proyectos estratégicos representan la revolución industrial, en el sector minero, dicha innovación genera un gasto de inversión de alrededor de dieciocho millones, recuperables a largo plazo, debido a

ser innovador en su campo con una tasa de rentabilidad a cinco años, con un TIR de 29,57% y VAN de 623 919,71, y una relación beneficio costo de 1,05 que encajan dentro de lo aceptable y justifican el financiamiento del proyecto. En este trabajo, a partir del uso de la prospectiva, se puede predecir mediante estrategias el sostenimiento de una empresa que puede procesar materiales minerales extraídos de diferentes yacimientos, lo que evidencia sus ventajas.

Mayorga Calderón (2014)

en su trabajo doctoral, *Análisis prospectivo del mineral de cobre en el mundo, Latinoamérica y Colombia*, presenta un análisis prospectivo del comportamiento de la oferta y la demanda del Mineral de Cobre en el Mundo, en Latinoamérica y en Colombia, creando diferentes escenarios con futuros posibles, consientes y detallados que servirán para entender la dinámica de mercado y la creación de estrategias de penetración, disminución de costos y aumento de productividad en compañías que operan tanto en países donde la industria del cobre se encuentra muy desarrollada, como en aquellos donde la explotación del

mineral es todavía muy incipiente (Colombia). Por último, expone numerosas recomendaciones para mejorar la productividad de cobre.

Oronoz et al. (2013),

en su trabajo, la Prospectiva frente a los desafíos de la industria del Aluminio en Venezuela, se expone un componente de un estudio prospectivo de mayor amplitud realizado en la industria del aluminio en Venezuela, que se une al debate que se desarrolla en torno a las vías de transformaciones que tienen lugar y los esfuerzos que dan consistencia a las actuaciones estratégicas que se emprenden.

Alfaro (2010)

presenta, mediante un ejemplo real, la utilización de las técnicas estadísticas conocidas como “análisis de la función discriminante” (*discriminant function analysis*), en la interpretación de datos geoquímicos. Provenientes de un programa de exploración minera. La información utilizada fue obtenida en la prospección geoquímica realizada por la comisión conjunta IIG-Chile y MMAJ-Japón, el año 1979, en la re-

gión cordillerana de la provincia de nuble. Se hizo una presentación matemática simple de ambas técnicas estadísticas y se mostró la simplificación de la interpretación y manejo de los resultados que se logra, mediante el análisis de los componentes principales en relación al análisis de factores (*factor analysis*).

Así mismo Brenning y Azocar (2010)

en su trabajo Minería y glaciares rocosos: impactos ambientales, antecedentes políticos y legales, y perspectivas futuras, expone que el interés científico y político en los glaciares rocosos andinos ha aumentado fuertemente en los últimos años debido al creciente reconocimiento de su importancia hidrológica y las recientes intervenciones mineras en ellos. Se presentó un resumen de los conocimientos científicos y el marco político-legal de las intervenciones pasadas y actuales en glaciares rocosos en Chile y, en forma preliminar, en Argentina y Perú. (Ley 18.248, Código de Minería)

Vázquez (2009)

realizó un ensayo en donde hace una prospección sobre la minería en

España, en donde, una vez discriminados y ponderados los factores que pueden influir de modo decisivo en el devenir económico de todos y cada uno de los 19 minerales y rocas que representan el 95 % del valor de la producción minera, se analizaron éstos 19 uno por uno para vislumbrar sus expectativas, y se integró este análisis en el de los cuatro grandes subsectores que componen la minería española.

Escobar (2004)

en su documento denominado El impacto producido por la actividad minera en los fondos profundos oceánicos sobre los recursos genéticos y el reglamento para la prospección y exploración de nódulos polimetálicos en la zona, señala el Reglamento para la prospección y exploración de los nódulos polimetálicos en la zona internacional, conocido como el “Código”. En su preparación se tuvo en cuenta los resultados de la investigación efectuada por los primeros inversionistas mineros y otros estudios relacionados.

El trabajo constituyó el documento central de análisis de la “Reunión de expertos para examinar los aspectos

vinculados a la formulación de un borrador de código de minería para los fondos marinos: legislación, gestión y economía”, en el marco del Seminario Taller Internacional de Geología Marina y Costera, celebrado en Santa Marta, Colombia 4 al 6 de agosto de 2003. (Escobar, 2004)

Así mismo, en México Musik, mediante el Centro de Estudios de Competitividad del ITAM (2004),

desarrolló un documento denominado El sector minero en México; diagnóstico, prospectiva y estrategia. El documento elaborado hace parte de una serie de estudios del Centro de Estudios de Competitividad que tiene por objetivo analizar y crear lineamientos estratégicos para sectores industriales mexicanos. Si bien diversas instituciones hacen periódicamente análisis sectorial, los presentes estudios cuentan con tres características distintivas: Enfoque prospectivo, donde se genera una visión futura de la industria, y se identifican los factores críticos para lograr su desarrollo.

Para cada estudio se visitaron docenas de empresas que han aportado datos y opiniones. Igualmente, las

secciones de prospectiva y estrategia han sido ampliamente discutidas en sesiones con directivos de empresas, cúpulas empresariales, organismos de gobierno e instituciones académicas. La organización del documento permite, a analistas y lectores en general, una visión estructurada sobre los principales aspectos actuales y tendencias del sector. (Centro de Estudios de Competitividad del ITAM, 2004)

## Conclusiones

Gastón Berger, uno de los fundadores de la disciplina, define la prospectiva como la Ciencia que estudia el futuro para comprenderlo y poder influir en él. Aunque en ocasiones el término futurología hace referencia a otras disciplinas no basadas en el método científico. (Prospectiva, 2016)

Por lo anterior, la prospectiva radica en planear escenarios a largo plazo para dirigir y construir el mejor camino o ruta hacia un futuro esperado, teniendo en cuenta los distintos elementos internos y externos, que influyen notablen-

te en la toma de medidas para predecir potenciales riesgos y conseguir, a partir de ellos, mejores ventajas económicas y sociales para la empresa.

Si una empresa no hace uso de la prospectiva estrategia estaría sometida a un futuro dudoso, lo cual afectaría notablemente su mantenimiento y operación y, por ende, su éxito, puesto que al no tener una proyección no podría ser lo suficiente competitivo y cedería ante el fracaso.

En el ámbito de la minería, las empresas deben orientarse en crear su futuro y no conformarse con los resultados que está produciendo en el presente; el formularse interrogantes de cómo se vería a largo plazo le permitirá proyectarse, evitando los posibles riesgos, llevándolas hacia el éxito. El reto está en involucrarse de forma plena, desde la parte administrativa hasta la operativa, y que todos se comprometan. Por lo tanto, la prospectiva es una forma de pensar que involucra prever, sin menospreciar al presente. Aquellos que se dedican a esta labor trabajan en estrategias que serán utilizadas a largo plazo, lo que se traducirá en un futuro exitoso.

## Referencias

- Aguilar, B. y Oliva, L. (2015). *Implementación de una planta de beneficio por extracción de minerales en el cantón Portovelo, aplicando prospectiva estratégica* (tesis de maestría, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Maestría en Gestión de Proyectos). Ecuador.
- Alfaro, G. (2010). Aplicación de dos técnicas estadísticas en la interpretación de datos geoquímicos en prospección minera. *Andean Geology*, 11.
- Astigarraga, E. (2016). Prospectiva estratégica: orígenes, conceptos clave e introducción a su práctica. *Revista Centroamericana de Administración Pública*, 71, 13-29.
- Disponible en [http://prospectiva.eu/dokumentuak/Astigarraga-E\\_prospectiva\\_publication\\_ICAP\\_2016.pdf](http://prospectiva.eu/dokumentuak/Astigarraga-E_prospectiva_publication_ICAP_2016.pdf)
- Brenning, A. y Azócar, G. F. (2010). Minería y glaciares rocosos: impactos ambientales, antecedentes políticos y legales, y perspectivas futuras. *Revista de geografía Norte Grande*, 47, 143-158. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022010000300008>
- Cano, C. R. (2017). *Uso de la dinámica de sistemas y la prospectiva estratégica en la elaboración de planes de desarrollo regionales*. Universidad Nacional de Colombia Facultad de Minas-Departamento de Ciencias de la Computación Ciencias. Medellín, Colombia.
- Chandler, Jr., (1998 [1962]). *Strategy and Structure: Chapters in the History of the American Industrial Enterprise*. MIT Press.
- Durance, P. (2007). *De la prospective. Textes fondamentaux de la prospective française: 1955-1966*". G. Berger, J. Bourbon-Busset y P. Massé (Comps.). Paris. L'Harmattan.
- Escobar, J. (2004). *El impacto producido por la actividad minera en los fondos profundos oceánicos sobre los recursos genéticos y el reglamento para la prospección y exploración de nódulos polimetálicos en la zona*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal).
- Horvath, P. y Sauter, R. (2004). *Why budgeting fails: One Management System is not enough*. Horvath & Partner Managements Consultants.
- Oronoz, P. V., Gamluch, R. y Romero Lamorú, I. (2013). La prospectiva frente a los desafíos de la industria del aluminio en Venezuela. *Revista Copérnico*, 19, 15-26.
- Prospectiva. Consultado y Disponible en: <https://definicion.de/prospectiva/>
- Prospectiva. Consultado y Disponible en: <http://www.prospectiva.eu/prospectiva>
- Rebolledo, J. L. Chávez, A. O. y Ramírez, B. S. (2016). *Prospectiva de la minería en el clúster de zacatecas y los retos para la formación de capital humano*.
- Vázquez, R. M. (2009). Un ensayo de prospectiva: la industria minera en el futuro de la economía española I. *Mediterráneo Económico*, 16, 129-153.



REVISTA  
AGUNKUYAA

---

Facultad de Ingeniería y Ciencias Básicas