

## **Optimización de un sistema de tratamiento de aguas residuales de vertimiento de la planta de beneficio aurífero en el municipio de Vetas, Santander**

Optimization of a wastewater treatment system for the verification of the gold beneficiation plant in the municipality of Vetas, Santander

### **Maria Fernanda Domínguez Amorocho<sup>1</sup>**

Ingeniera Ambiental, Esp. en Gerencia de Proyectos  
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA,  
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. CEAD Bucaramanga  
Grupo de investigación CIDAGRO, Semillero SECAPMA  
<https://orcid.org/0000-0002-8216-6025>  
[maria.dominguez@unad.edu.co](mailto:maria.dominguez@unad.edu.co)

### **Ana Maria Ardila Alvarez<sup>2</sup>**

Ingeniera Química, Maestría en ingeniería Química  
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA,  
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. CEAD Bucaramanga  
Grupo de investigación CIDAGRO, Semillero SECAPMA  
<https://orcid.org/0000-0002-1852-4350>  
[ana.ardila@unad.edu.co](mailto:ana.ardila@unad.edu.co)

### **Jhonny Omar Ayala Díaz<sup>3</sup>**

Ingeniero Ambiental  
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA,  
Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. CEAD Bucaramanga.  
Grupo de investigación CIDAGRO, Semillero SECAPMA.  
[joayalad@unadvirtual.edu.co](mailto:joayalad@unadvirtual.edu.co)

## **RESUMEN**

El proceso de optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales no domésticas de la planta de beneficio aurífero en el municipio de Vetas, Santander, menciona que el problema inmediato a solucionar es mitigar el

DOI: <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.2946>

impacto ocasionado al cuerpo receptor y al mismo tiempo cumplir dicha resolución, el presente proyecto de grado implementará un proceso físico-químico en la optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales no domésticas de la planta de producción aurífera, la optimización se enfoca en el mejoramiento estructural de los tanques sedimentadores, y en la dosificación de reactivos químicos no contaminantes para dar el cumplimiento con la normatividad vigente. Ya optimizado el sistema de tratamiento de aguas residuales y luego de un análisis de aguas se observó el cumplimiento de los parámetros exigidos por la resolución 0631 del 17 de marzo del 2015, dando como resultado la continuidad de operación. La optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales no domésticas de la empresa en la planta de beneficio aurífero en el municipio de Vetás, Santander mitigó el impacto ambiental generado por su operación a la quebrada Jaimes, iniciando una recuperación ambiental de la quebrada, permitiendo devolver a la misma su ecosistema acuático, recuperar el recurso suelo, minimizando las enfermedades de la población ocasionadas por la turbidez del agua residual y los metales pesados disueltos en ella.

**Palabras clave:** Mitigación; Normatividad; Optimización; Sistema de tratamiento; Vertimiento.

## **INTRODUCCIÓN**

La pequeña minería aurífera del territorio nacional colombiano ha estado en continuo crecimiento, tecnificándose, modificando los procesos rudimentarios por procesos más elaborados, utilizando equipos e información tecnológica en la extracción del material aurífero, estos cambios se han basado en la conciencia ambiental de sus propietarios y en el actual código minero (Ley 685 de 2001) que elimina la estratificación de explotación minera por escalas, los requisitos que se le exigen a una gran concesión minera para obtener sus permisos ambientales y mineros, son exigidos también a los pequeños mineros que desarrollan esta actividad como medio de subsistencia (Guiza, 2013; Gamboa, 2015; Duarte y Arana-Gutiérrez, 2016; Gallego-Marín y otros, 2016; López-Sánchez, López-Sánchez & Medina-Salazar, 2017).

Es por esto, que se realiza la optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales no domésticas que abarca 4 etapas, como primera etapa, se caracterizan las aguas de vertimiento para identificar la concentración de todos los contaminantes que posea, luego se realiza el mejoramiento estructural de los tanques sedimentadores, seguidamente se determina que

reactivos químicos implementar en el sistema según la caracterización de las aguas residuales vertientes, encontrando a su vez la correcta dosificación a nivel de laboratorio de dichos reactivos, luego se aplica en campo a escala industrial la totalidad del sistema fisicoquímico, seguidamente se caracteriza las aguas vertientes en comparación con la norma ambiental vigente y por último a la salida del sistema de tratamiento se implementa un control constante de los parámetros que se puedan medir in situ: caudal, pH y sólidos sedimentables.

## **METODOLOGÍA**

El proceso de desarrollo del proyecto radicó en la determinación del proceso de optimización, frente a la caracterización de vertimientos y así realizar un diseño acorde a los requerimientos de la normatividad legal vigente.

Por lo anterior, se menciona el proceso realizado:

### 1. Situación actual:

- Descripción del proceso de la planta
- Caracterización de las aguas de vertimiento no domésticas y el cuerpo receptor
- Comparación de parámetros frente a la norma 0631 de 2015.
- Análisis

### 2. Diseño propuesto

- Adecuación estructural del sistema de tratamiento de aguas residuales no domésticas.
- Implementación del tratamiento químico.
- Selección de los reactivos químicos a utilizar.
- Dosificación óptima de químicos en el sistema de tratamiento de aguas residuales no domésticas (STRnD).

### 3. Evaluación en campo del diseño propuesto

- Cálculos para la aplicación en campo del tratamiento químico al STRnD.
- Caracterización de las aguas residuales de vertimiento no domésticas.
- Comparación de parámetros analizados frente a la norma 0631 de 2015.

- Análisis de resultados

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se observa que los datos finales tienden a disminuir cuando ambos reactivos (coagulante y floculante) se aplican juntos, la turbidez, el color aparente, el color verdadero y la alcalinidad presentan menores valores. Por esta razón se decidió aplicar ambos reactivos para la optimización de la STARnD.

Con el interés de verificar la efectividad de ambos reactivos en aplicación a la muestra tomada en las aguas residuales no domésticas, se analizaron los parámetros donde la empresa no cumple la norma ambiental, los resultados mostraron satisfactoriamente el cumplimiento de la resolución 0631 de 2015 en los parámetros de concentración de Hierro, concentración de sólidos suspendidos y concentración de sólidos sedimentables, este último parámetro no se registra ya que dio trazas.

Los cálculos se realizaron para un proceso de 24 horas continuas. Los datos encontrados utilizaron las siguientes bases de cálculo:

- El caudal de las aguas residuales no domésticas corresponde a un promedio de 4,1 l/s, se aproximó a 5 l/s por las posibles fluctuaciones que pueda tener la planta de producción.
- La preparación de cada reactivo se llevó a cabo en un tanque de 208 litros para un proceso de 24 horas continuas.
- La dosificación del coagulante (Policloruro de Aluminio) se determinó en 20 g/m<sup>3</sup>.
- La dosificación del floculante (Poliacrilamida Iónica) se determinó en 2 g/m<sup>3</sup>.
- La dosificación de la cal se determinó a prueba y error durante varios días alterando el flujo de adición en el proceso, con una continua medición de pH con cintas de pH marca Merck

**Tabla 1.** Dosificación en campo para el tratamiento químico en 24 horas de proceso.

Parámetro	Reactivos		
	1	2	3

Volumen de agua del tanque a preparar (L)	208	208	208
Caudal de aguas residuales (L/s)	5	5	5
Flujo másico (mg/s)	100	10	115,7
Masa adicionada al tanque (kg)	8,64	0,864	10
Caudal de dosificación (ml/s)	2,41	2,41	2,41

Fuente: Ayala Díaz (2018)

\*1: Policloruro de Aluminio \*2: Poliacrilamida Iónica \*3: Cal

Las dosificaciones fueron controladas cada hora durante el día de proceso.

**Tabla 2.** Comparativo entre las caracterizaciones inicial y final de las aguas de vertimiento no domésticas y la resolución 0631 de 2015

Análisis	Resolución 0631/2015	Caracterización inicial	Caracterización Final	Cumplimiento
pH	6,00 – 9,00	8,4	7,46	Sí
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	50,00	3890	31,3	Si
Sólidos Sedimentables (mg/L)	2,00	11	0,1	Si
Hierro Total (mg Fe/L)	2,00	57,6	1,63	Si

Fuente: Autores (2018)

Las mejoras realizadas fueron efectivas, los parámetros en donde la empresa no estaba cumpliendo con la norma ambiental disminuyeron su concentración en el punto de vertimiento, ubicándose dentro de los límites máximo permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales presentados en la resolución 0631 del 2015, dando como resultado el cumplimiento total de la norma.

Las mejoras realizadas fueron efectivas, los parámetros en donde la empresa no estaba cumpliendo con la norma ambiental disminuyeron su concentración en el punto de vertimiento, ubicándose dentro de los límites máximo permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales presentados en la resolución 0631 del 2015, dando como resultado el cumplimiento total de la norma, asimismo como la definición de aspectos

puntuales relacionados a características del suelo afectado por la escorrentía, en la que se deben priorizar la magnitud de esa escorrentía que contribuyan a procesos erosivos en el suelo (Doria & Deluque, 2015).

## **CONCLUSIONES**

La implementación del tratamiento químico coagulación y floculación evitó la posible construcción de más tanques sedimentadores para mejorar su efectividad.

La optimización del sistema de tratamiento de aguas residuales no domésticas mitigó el impacto ambiental generado por su operación a la quebrada Jaimés, iniciando una recuperación ambiental de la quebrada, permitiendo devolver a la misma su ecosistema acuático, recuperar el recurso suelo, minimizando las enfermedades de la población ocasionadas por la turbidez del agua residual y los metales pesados disueltos en ella, dando una mejor imagen frente a la población de la región de Vetás –Santander y a las entidades gubernamentales responsables del cuidado del medio ambiente, fortaleciendo los vínculos minero ambientales en pro de la conservación del medio ambiente en todo el territorio.

## **TRABAJOS FUTUROS**

Los estudios de Corredor, Fonseca & Páez (2012), Giraldo & Valencia (2010), Vinasco (2017), Bonilla & Caetano (2013), Matos de Oliveira (2014), Mendoza, Cano & Rojas (2015) muestran rutas para evitar la contaminación del agua y la prevención y mitigación del cambio climático desde una perspectiva que considera el ordenamiento alimentario y las acciones comunitarias. Esta es una opción menos costosa para mantener la calidad del suelo y la conservación en general de los recursos naturales.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Benavides, T y Benavides, L. (2005). *Impacto de la minería en la calidad del agua en la microcuenca del río Artiguas. Énfasis en metales pesados* (tesis de pregrado), Universidad Centroamericana, Managua, Nicaragua.
- Bonilla Morales, M., & Caetano, C. (2013). Inventario y valoración de la flora utilizada por la vereda Santa Teresa, Palmira (Valle del Cauca). Revista

- de Investigación Agraria y Ambiental, 4(1), 89-99.  
doi:<https://doi.org/10.22490/21456453.985>
- Corredor Camargo, E., Fonseca Carreño, J., & Páez Barón, E. (2012). Los servicios ecosistémicos de regulación: tendencias e impacto en el bienestar humano. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 3(1), 77-83. doi:<https://doi.org/10.22490/21456453.936>
- Doria Argumedo, C., & Deluque Viloría, H. (2015). Niveles y distribución de metales pesados en el agua de la zona de playa de Riohacha, La Guajira, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), 123 - 131. doi:<https://doi.org/10.22490/21456453.1268>
- Duarte, L. A., Arana-Gutiérrez, A. D. (2016). Medio ambiente y naturaleza al servicio del capital corporativo transnacional. *Revista Criterio Libre Jurídico*. 13(1), 85-103 Recuperado de: <http://revistasojs.unilibrecali.edu.co/index.php/rclj/article/download/546/865> (Duarte y Arana-Gutiérrez, 2016).
- Gallego-Marín, A. A., et al. (2016). Bioeconomía y derechos humanos en América Latina. *Revista Libre Empresa*, 13(2), 131-141. Recuperado de: <http://dx.doi.org/10.18041/libemp.2016.v13n2.26209>
- Gamboa García, D. (2015). Valoración de impactos ecológicos por minería de oro en río Guabas, Valle del Cauca, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(2), 243 - 254. doi:<https://doi.org/10.22490/21456453.1420>
- Gaioli, M., Amoedo D., y González, D. (2012). Impacto del mercurio sobre la salud humana y el ambiente. *Arch. Argent. Pediatr*, 110 (3), 259-264.
- Giraldo Díaz, R., & Valencia T., F. (2010). Evaluación de la sustentabilidad ambiental de tres sistemas de producción agropecuarios, en el corregimiento Bolo San Isidro, Palmira (Valle del Cauca). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 1(2), 7-17. doi:<https://doi.org/10.22490/21456453.900>
- Guiza, L. (2013). La pequeña minería en Colombia: Una actividad no tan pequeña. *DYNA*, 80 (181), 109-117.

- Izaguirre, M. (2017). Contaminación del agua ¿Qué es? Conoce causas y efectos en la salud. *Contaminación Ambiental*. Recuperado de <https://contaminacionambiental.net/contaminacion-del-agua/>.
- López, I., Figueroa, A., y Corrales, J. (2015). Un mapeo sistemático sobre predicción de calidad del agua mediante técnicas de inteligencia computacional. *Revista Ingenieros Universidad de Medellín*, 15(28), 35-52.
- López-Sánchez, L., López-Sánchez, M., & Medina-Salazar, G. (2017). La prevención y mitigación de los riesgos de los pasivos ambientales mineros (PAM) en Colombia: una propuesta metodológica. *Entramado*, 13(1), 78-91. doi:<http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2017v13n1.25138>
- Matos de Oliveira, A. (2014). Crítica ecológica al concepto de Desarrollo y nuevas alternativas desde América Latina. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(2), 41 - 53. doi:<https://doi.org/10.22490/21456453.1325>
- Mendoza Velásquez, S., Cano Muñoz, J., & Rojas Sánchez, F. (2015). Acción comunitaria frente al fenómeno del cambio climático, en el páramo de la región del Guavio, Cundinamarca, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), 265 - 279. doi:<https://doi.org/10.22490/21456453.1286>
- Valencia, A. (2013). Diseño de un sistema de tratamiento para las aguas residuales de la cabecera parroquial de San Luis - provincia de Chimborazo (tesis de pregrado), Riobamba, Ecuador.
- Vallejo, J. (2014). Estudio del proceso de depuración de aguas residuales industriales provenientes de empresas mineras (tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Vinasco Guzmán, M. (2017). Marco teórico para la construcción de una propuesta de turismo rural comunitario. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(1), 95 - 106. doi:<https://doi.org/10.22490/21456453.1841>

Zapata Galvis, J., & Llano Franco, J. (2014). Perspectiva interdisciplinaria del ordenamiento alimentario y derecho del consumidor en Argentina. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 5(2), 99 - 114. doi:<https://doi.org/10.22490/21456453.1329>