

# Entre tubos, operaciones y procesos: explorando sistemas de tratamiento de aguas residuales en terreno

**Karen Yuliana Benavides Coral**

**Jaime Andrés Bolaños Urbano**

**Angie Vanessa Ortega Jurado**

**Mayerli Katherine Ruiz Goyes**

**Edwin Camilo Ruiz Goyes**

Estudiantes de Ingeniería Ambiental  
Universidad Mariana

**Rocío del Carmen Ojeda Ocaña**

**Teresita del Rocío Canchala Nastar**

Profesoras de Ingeniería Ambiental  
Universidad Mariana

En el campo de la Ingeniería, la formación práctica es esencial para desarrollar habilidades y conocimientos específicos que son fundamentales para abordar los desafíos del mundo real. Las salidas de campo juegan un papel crucial en esta formación, proporcionando a los estudiantes la oportunidad de aplicar sus conocimientos teóricos en situaciones prácticas y reales. En particular, las visitas a plantas de tratamiento de aguas residuales son una experiencia educativa invaluable, ya que ofrecen una visión detallada del funcionamiento y los procesos involucrados en el tratamiento de aguas contaminadas.

Esta salida permitió realizar tres visitas. La primera, a la planta de tratamiento de aguas residuales Cañaveralejo de Cali; la segunda, a la Planta de Tratamiento de Agua Potable de CENTROAGUAS S.A. E.S.P.; la tercera, al Campus Sostenible de la Universidad Autónoma de Occidente. Durante estas visitas, se tuvo la oportunidad de observar de cerca los sistemas avanzados y las tecnologías innovadoras que se utilizan en la actualidad para purificar las aguas contaminadas. Estas salidas no solo han permitido visualizar las complejidades operativas de las plantas, sino también comprender la importancia crítica de la eficiencia en el tratamiento para la preservación del medioambiente y la salud pública.

En este orden de ideas, en este artículo, se destaca la importancia de las salidas de campo como herramienta educativa vital, que proporciona a los estudiantes la oportunidad de fusionar el conocimiento teórico con la experiencia práctica, preparándolos para enfrentar los desafíos reales en el campo de la Ingeniería Ambiental.

## **Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Cañaveralejo de Cali**

La planta de tratamiento de agua residual (PTAR) está ubicada al nororiente de la ciudad, en el sector de Petecuy I. Durante la inmersión en esta instalación tan importante para el cuidado ambiental, se pudo observar toda la maquinaria, sistemas de tuberías y procesos que transforman aguas residuales en un efluente tratado, donde tratan de disminuir la contaminación generada en la ciudad. Desde el momento en que las aguas ingresan hasta su salida como agua tratada, cada paso es un testimonio del ingenio humano y de la ingeniería ambiental. En la Figura 1, se puede apreciar el inicio del recorrido de la visita a la planta, los tanques de almacenamiento de biogás se pueden observar al fondo.

## Figura 1

Estudiantes de Universidad Mariana en PTAR Cañaveralejo Cali, Valle del Cauca



Fuente: Archivo de la visita a PTAR (2023).

El sistema de alcantarillado de la ciudad cuenta con una estructura de 3.372 km de redes y 93 km de canales, distribuidos en tres subsistemas que recogen las aguas residuales: el subsistema de drenaje oriental, el subsistema de drenaje sur y el subsistema de drenaje noroccidental. Todo este sistema funciona mediante gravedad; el efluente tratado en la PTAR Cañaveralejo desemboca en el río Cauca, que más adelante se une con el río Cali, formando parte de la cuenca del río Cali. Además, hay plantas de tratamiento de agua potable (PTAP) que abastecen a la ciudad, como la PTAP Río Cali, Río Cauca y Mallarino. Es relevante mencionar que instituciones como la Universidad Autónoma de Occidente (UAO) tienen fuentes de agua potable propias. También, existen 10 estaciones de bombeo y dos lagunas de regulación que dirigen el flujo hacia la planta de tratamiento de aguas residuales Cañaveralejo.

La visita comenzó con una inducción por parte de los ingenieros responsables de los procesos y operación de la planta, quienes proporcionaron una visión general de los sistemas de tratamiento. El afluente de la planta de tratamiento de agua residual pasa por un sistema de tratamiento preliminar con rejillas gruesas de 10 cm y luego atraviesa cuatro bombas de tornillo a una velocidad de 2 m/s. Posteriormente, pasa por un tanque de integración de caudales y, mediante gravedad, fluye a través de seis desarenadores (ver Figura 2). A medida que nos adentramos en las profundidades de la planta, se pudo observar de cerca las complejidades del tratamiento primario, que elimina impurezas suspendidas y clarifica el agua. Luego, pasa por ocho sedimentadores primarios de 47,5 m de diámetro, y el efluente resultante se vierte en el río Cauca. En la Figura 2, se puede ver una vista panorámica de los desarenadores y del sistema de líneas de fluidos mecanizados.

## Figura 2

Vista panorámica de desarenadores y líneas de fluidos



Fuente: Edwin Ruiz, salida práctica (2023).

En el tratamiento de los lodos, después de que estos salen de la tolva de los sedimentadores, se depositan en un espesador. Luego, pasan a un digester anaerobio donde se genera gas que puede utilizarse como energía. Después de salir del digester, los lodos pasan a un filtro prensa de bandas y, posteriormente, a la fase de aprovechamiento y transporte. El resultado de este proceso es un lodo deshidratado con un 32 % de sólidos, que es consistente, maleable y estabilizado. Diariamente, se están procesando 8 toneladas de estos lodos. La PTAR cuenta con dos almacenadores de biogás de 1000 metros cúbicos cada uno, los cuales cuentan con sus respectivos quemadores y se convierten en una fuente de energía para calentar agua, que mejora la efectividad de varios procesos.

Cabe mencionar que existe una consistente generación de olores en todos los sistemas, los cuales, a través de diversos sistemas tubulares, se conducen a un filtro de olores. La sección transversal del lecho filtrante contiene tierra negra en un 24 %; carbónica, en un 19 %; tierra abonada, en un 19 %; tierra con ceniza, en un 8 %, y arena gruesa, en un 30 %, lo que proporciona gran eficiencia en el control de estos olores. A lo largo de la visita, quedó claro cómo la automatización y la supervisión continua son vitales para el funcionamiento eficiente de la planta. Los ingenieros y operadores expertos monitorean de cerca cada proceso, asegurando que todo funcione en perfecta armonía.

#### **Planta de Tratamiento de Agua Potable de CENTROAGUAS S.A. E.S.P.**

Estratégicamente, está ubicada en la vía al corregimiento La Rivera/Tuluá, Valle del Cauca. La Planta de Tratamiento de Agua Potable de CENTROAGUAS S.A. E.S.P. tiene un área de cobertura que se extiende por la zona urbana del municipio de Tuluá; desempeña un papel vital en la vida cotidiana de miles de personas. Además, la Planta de Tratamiento de Agua Potable de CENTROAGUAS S.A. E.S.P. ejemplifica la ingeniería de tratamiento de agua.

Su proceso comienza con la captación de agua cruda del río Tuluá, seguido de una fase de desbaste mediante rejillas gruesas y finas para eliminar impurezas más grandes. Luego, se lleva a cabo la coagulación en una canaleta Parshall, donde se aplican coagulantes químicos para formar flóculos, lo cual facilita, posteriormente, la sedimentación; proceso que se realiza en un sedimentador diseñado específicamente para permitir la decantación de flóculos y la eliminación de partículas suspendidas. Esta etapa es crucial para la clarificación del agua. Finalmente, el agua tratada se somete a un riguroso proceso de desinfección que utiliza métodos como la

cloración, asegurando la eliminación de microorganismos patógenos y garantizando la potabilidad del agua.

De manera similar, el control y monitoreo constante de parámetros de calidad del agua son esenciales en todas las etapas del proceso. La planta busca continuamente la mejora y la adopción de tecnologías avanzadas para aumentar la eficiencia y sostenibilidad del tratamiento de agua en la región, con un enfoque en la seguridad del suministro de agua potable para la comunidad.

En concordancia con lo anterior, la planta incorpora tecnologías de última generación, incluyendo procesos de filtración y desinfección eficaz mediante cloración. Estos procesos garantizan la eliminación de contaminantes y microorganismos, cumpliendo con los estándares de calidad del agua. Además, cuenta con un reservorio dentro de las instalaciones, en funcionamiento desde 2020, que se llena con agua clarificada producida por la planta compacta, con un caudal de 160 LPS.

El llenado de este sistema de almacenamiento, con un volumen útil de aproximadamente 14,207 m<sup>3</sup> y una profundidad máxima de 3.5 metros, se realiza por bombeo, para lo cual se utiliza las bombas instaladas en la planta compacta. La Planta de Tratamiento de Agua Potable de CENTROAGUAS S.A. E.S.P. mantiene un compromiso inquebrantable con la calidad del agua suministrada; para ello, realiza rigurosos controles de calidad en todo el proceso para cumplir con las normativas nacionales. Su objetivo principal es mitigar las paradas de la PTAP La Rivera cuando la turbiedad del agua cruda supera las 5.000 unidades de turbiedad (UNT). En este contexto, se garantiza el abastecimiento de agua potable durante un período aproximado entre 8 y 14 horas para todo el municipio, en caso de un abastecimiento total desde la planta. Cuando se utiliza para el abastecimiento de la zona alta del municipio, podría garantizar hasta 20 horas de servicio. Cabe aclarar que estos tiempos de autonomía dependen de los consumos de agua tratada en las horas de máximo consumo.

#### **Campus Sostenible Universidad Autónoma de Occidente de Cali**

Los estudiantes visitaron, inicialmente, la parte de los huertos (ver Figura 3), espacio verdaderamente fascinante. En ese lugar, se encontraron rodeados de una variada gama de especies vegetales que reflejaban la dedicación y pasión de los estudiantes involucrados en esos proyectos. Se maravillaron ante la diversidad de plantas y flores que crecían en armonía, representando un verdadero oasis de biodiversidad en el corazón de la universidad. Además, pudieron explorar áreas destinadas

al compostaje, donde los estudiantes trabajaban en la transformación de residuos orgánicos en nutrientes ricos para la tierra. La eficiencia y sostenibilidad de ese proceso dejó impresionados a los estudiantes, además, de recordarles la importancia de reducir su impacto ambiental.

Otro aspecto intrigante de esa visita fue el criadero de arañas, un proyecto único de filtros de tela de araña para remover metales pesados como el cromo; también, destaca la diversidad de la fauna y la investigación de la universidad. La observación de esas criaturas, su comportamiento y su rol en el ecosistema local les brindó una perspectiva diferente y enriquecedora. Finalmente, su visita los llevó al área de producción de biogás, donde la universidad implementa prácticas sostenibles para la generación de energía. Fue inspirador ver cómo se aprovechaban los residuos orgánicos para producir una fuente de energía limpia y renovable.

Esta experiencia en la Universidad Autónoma del Occidente proporcionó una visión más completa de los esfuerzos y proyectos innovadores que se están llevando a cabo en esa institución. Cada una de las actividades y procesos desarrollados en la universidad dejó en los estudiantes una profunda admiración por su compromiso con la sostenibilidad y la investigación; además, se convirtió en motivación para aplicar los conocimientos adquiridos en sus propias vidas y futuras carreras.

### Figura 3

Universidad Autónoma de Occidente, visita de estudiantes de 8 semestre, zona de arañas, zona de secado y empaque del lombricompost, huerto urbano universitario, biogás.



Fuente: Karen Benavides, Salida Práctica (2023).

### Planta de Tratamiento de Agua de la Universidad Autónoma de Occidente

Después de observar la primera parte de la universidad, los estudiantes avanzaron hacia la sede de la planta de tratamiento en la Universidad Autónoma de Occidente (ver Figura 4), donde adquirieron una comprensión más

sólida de los principios teóricos que habían explorado previamente. Al mismo tiempo, se les ofreció una perspectiva práctica de los obstáculos y enfoques en el ámbito de la Ingeniería Ambiental.

Los estudiantes que tuvieron la oportunidad de visitar la planta de tratamiento quedaron impresionados por la importancia de estas instalaciones en la formación de futuros ingenieros ambientales. Durante la visita a la planta, se percataron de cómo las plantas de tratamiento gestionan de manera eficiente la purificación del agua y la gestión de residuos, lo que brinda una perspectiva práctica de la teoría académica aprendida en el aula.

Los estudiantes manifestaron que estas visitas les han proporcionado una comprensión más profunda de los desafíos reales en el campo de la Ingeniería Ambiental, lo que, sin duda, contribuirá a su preparación para abordar estos problemas de manera efectiva en sus futuras carreras profesionales. Están agradecidos por la valiosa experiencia adquirida durante la visita a estas plantas de tratamiento, hecho que consideran fundamental en su formación y desarrollo como futuros profesionales en el ámbito medioambiental.

### Figura 4

Planta, lechos de secado, cámara de aireación de la planta, reservorio de aguas lluvias utilizada para el riego de los jardines, tanque de sedimentación, cámara de espumas, pozo, desarenadores y trampa de grasas, tanque aireación, resultados del agua, sistema de bombeo



Fuente: Karen Benavides, salida práctica (2023).

### Lecciones aprendidas e impacto de aprendizaje

Los estudiantes aprendieron acerca de tecnologías y procesos específicos utilizados en la planta, como la sedimentación, la filtración, la desinfección, etc. Esto permitió comprender cómo se seleccionan y aplican estas tecnologías en diferentes etapas del tratamiento. También, se adquirió conocimiento sobre las regulaciones ambientales y los estándares de calidad del agua que deben cumplir las plantas de tratamiento, lo que es crucial en la Ingeniería Ambiental y el cumplimiento de las leyes.

La visita mostró cómo se abordan los desafíos y problemas reales en una planta de tratamiento, lo que es esencial para desarrollar habilidades de resolución de problemas en la Ingeniería Ambiental, ya que la capacidad de resolver problemas en tiempo real en una planta de tratamiento de aguas residuales es crucial para garantizar un funcionamiento continuo y eficiente.

Asimismo, se comprendió la importancia de la operación y el mantenimiento adecuado de las instalaciones, todo esto para garantizar el funcionamiento eficiente y sostenible de las plantas de tratamiento, puesto que su relevancia radica en garantizar que el proceso de purificación del agua se realice de manera efectiva y segura. Además, el mantenimiento preventivo y la gestión adecuada de los equipos y sistemas reducen el riesgo de fallas costosas y tiempos de inactividad.

La visita proporcionó una conexión tangible entre la teoría aprendida en el aula y la aplicación práctica en el campo. Se pudo presenciar de primera mano los procesos y tecnologías reales utilizados en el tratamiento de aguas residuales, lo que enriqueció la comprensión y permitió relacionar conceptos teóricos con situaciones reales. Además, esta experiencia fortaleció la conciencia sobre la importancia de la gestión adecuada del agua y su impacto en el medioambiente y la salud pública. Al ver cómo se cumplen rigurosamente las normativas y estándares ambientales, se comprendió la relevancia de las regulaciones en la Ingeniería Ambiental. También, brindó la oportunidad de interactuar con profesionales en el campo y aprender de sus experiencias, lo cual fue invaluable para el desarrollo de redes y la adquisición de conocimientos prácticos que no se pueden obtener únicamente en el aula.

### Conclusiones

La visita, tanto a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Cañaveralejo de Cali como a la Planta de Tratamiento de Agua Potable de CENTROAGUAS S.A. E.S.P., destacó la importancia de la experiencia en el desarrollo integral de los estudiantes. Estas experiencias prácticas ofrecieron a los estudiantes la oportunidad de aplicar sus conocimientos teóricos en un entorno real, lo que les permitió comprender de manera más profunda los procesos de tratamiento de aguas residuales y potable.

La visita no solo enriqueció su comprensión técnica, sino que también fomentó el aprendizaje activo y la interacción directa con profesionales del campo, promoviendo el desarrollo de habilidades en la resolución de problemas, toma de decisiones y trabajo en equipo. Además, al experimentar de primera mano la importancia de la gestión del agua y la sostenibilidad ambiental, los estudiantes adquirieron conciencia de la relevancia de su futura labor en la preservación del medioambiente y la salud pública.

Finalmente, esta experiencia enriquecedora reforzó la importancia vital de las plantas de tratamiento de aguas residuales en la sociedad moderna. No son solo estructuras de concreto y tuberías; son testimonios de la habilidad humana para transformar desechos en recursos valiosos, protegiendo así los ecosistemas y comunidades.