

Manejando aguas residuales en Yumbo: tecnologías aplicadas y retos del entorno

Juan Sebastián Garzón Quiñonez

Allison Julieth Torres Lucero

Estudiantes de Ingeniería Ambiental

Universidad Mariana

Rocío del Carmen Ojeda Ocaña

Teresita del Rocío Canchala Nastar

Profesoras de Ingeniería Ambiental

Universidad Mariana

Introducción

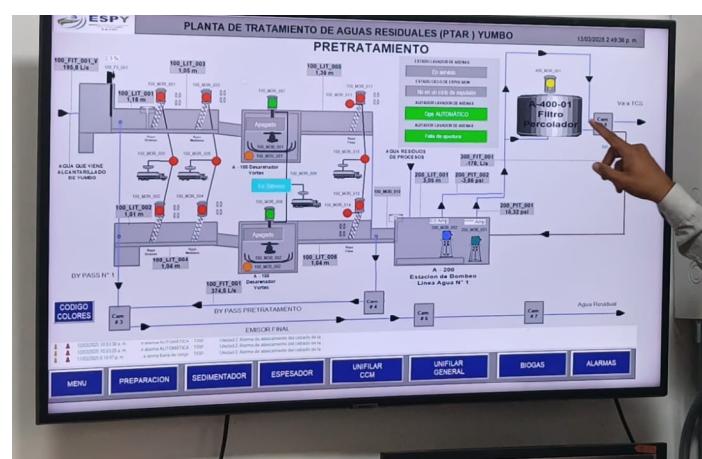
Las salidas de campo representan un pilar fundamental en la formación práctica de los estudiantes de Ingeniería Ambiental, permitiendo contrastar los conocimientos teóricos con la operatividad y los desafíos reales de las infraestructuras ambientales. En este contexto, la visita a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del municipio de Yumbo, operada por las Empresas de Servicios Públicos de Yumbo (ESPY), se constituyó como una experiencia enriquecedora dentro del curso ‘Tratamiento de Aguas Residuales’ en la Universidad Mariana. Esta visita permitió a los estudiantes observar de primera mano las tecnologías implementadas para la recuperación del recurso hídrico y comprender los retos inherentes a la gestión de aguas residuales urbanas en la importante región del Valle del Cauca, antes de su vertimiento al río Cauca.

Visita a la planta de tratamiento de aguas residuales

La PTAR de Platanares, ubicada en Yumbo, Valle del Cauca, fue entregada formalmente por la Gobernación del Valle del Cauca y la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), y comenzó a operar en octubre de 2022 (El Tiempo, 2022). Este proyecto, largamente esperado y con una historia de dos décadas de gestación, representa una inversión superior a los \$52 mil millones de pesos. La PTAR Yumbo se diseñó para tratar las aguas residuales provenientes de las comunas 1, 2, 3 y 4 del municipio, beneficiando a aproximadamente cien mil habitantes y contribuyendo a la descontaminación del río Yumbo y, en última instancia, del río Cauca (Bolaños, 2022).

Figura 1

Esquema general de la PTAR urbana de Yumbo



Nota. Registro fotográfico de la visita (marzo de 2025).

Durante el recorrido guiado por profesionales de la planta, exploramos los aspectos clave del sistema de tratamiento. Se observó que la PTAR maneja un sistema de alcantarillado combinado, lo que implica recibir no solo aguas residuales domésticas sino también aguas de escorrentía, especialmente durante eventos de lluvia, introduciendo desafíos operativos significativos. El tren de tratamiento inicia con una etapa de pretratamiento compuesta por rejillas gruesas (separación de 4 cm) y medias (separación de 2 cm), seguidas por desarenadores tipo vórtex (Figura 2). Se evidenció que esta etapa es crítica debido al aporte importante de arenas y sólidos arrastrados por las escorrentías, material que ha causado desgaste y ha requerido reparaciones frecuentes en los equipos mecánicos.

Figura 2

Vista superior de los desarenadores tipo vórtex para la remoción de arenas



Nota. Registro fotográfico de la visita (marzo de 2025).

Posteriormente, el agua pretratada pasa directamente al tratamiento secundario, omitiendo una etapa de tratamiento primario convencional. Esta decisión de diseño responde, según se explicó, a las concentraciones de entrada (DBO₅ en el rango de 160-320 mg/L), consideradas no suficientemente altas para justificar

un tratamiento primario. El tratamiento secundario biológico consta de dos etapas en serie: primero, un filtro percolador (Figura 3), un sistema de biopelícula adherida que utiliza medio filtrante tipo colmena y un brazo rotativo para distribuir el agua, logrando una remoción aproximada del 40-45 % de la materia orgánica.

Figura 3

Filtro percolador en operación con brazo distribuidor rotativo



Nota. Registro fotográfico de la visita (marzo de 2025).

Seguidamente, el efluente del filtro ingresa a un sistema de lodos activados (tanque de contacto o aireación), (Figura 4) donde microorganismos en suspensión, mantenidos mediante aireación suministrada por sopladores y difusores en el fondo, completan la depuración biológica. La operación de los sopladores es controlada mediante sensores de pH, temperatura y oxígeno disuelto.

Figura 4

Tanques de aireación del sistema de lodos activados mostrando la turbulencia generada



Nota. Registro fotográfico de la visita (marzo de 2025).

El efluente proveniente del sistema de lodos activados, que contiene una mezcla de agua tratada y biomasa microbiana (lodos biológicos), es conducido hacia un sedimentador secundario. En esta unidad de clarificación, la fuerza de la gravedad actúa para separar

los lodos biológicos del agua tratada. Los lodos, más densos, se depositan en el fondo del sedimentador, mientras que el agua clarificada se separa en la parte superior. Una porción de los lodos sedimentados se recircula al tanque de aireación del sistema de lodos activados. Esta recirculación es crucial para mantener una concentración óptima de microorganismos activos en el proceso biológico, asegurando así una depuración continua y eficiente. El exceso de lodos biológicos que no se recircula se purga del sistema y se dirige a la línea de tratamiento de lodos. El agua clarificada que emerge del sedimentador secundario, con una eficiencia de remoción de contaminantes que se sitúa entre el 84 % y el 89 %, constituye el efluente final de la PTAR, listo para su descarga al río receptor. Cabe destacar la presencia de una estación de bombeo de emergencia en la salida del efluente tratado. Esta infraestructura es fundamental para asegurar la descarga del agua tratada, incluso en situaciones de elevación del nivel del río Cauca, previniendo el represamiento y garantizando la operación continua de la planta.

La línea de tratamiento de lodos incluye un espesador para concentrar los lodos de purga (aproximadamente de 1,15 % a 3,1-3,5 % de sólidos), reduciendo el volumen a manejar. Luego, los lodos espesados son enviados a digestores anaerobios (primarios y secundarios en serie) donde se estabiliza la materia orgánica y se produce biogás mediante procesos de hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis. Aunque se genera biogás, se mencionó que su aprovechamiento aún no está completamente implementado o es bajo, existiendo proyectos para instalar un gasómetro y mejorar su uso. Finalmente, los lodos digeridos son deshidratados mecánicamente mediante centrífugas (Figura 5), previa adición de polímero (floculante) inyectado en línea para facilitar la separación sólido-líquido. El lodo deshidratado es dispuesto finalmente a través de un gestor autorizado, tras realizar caracterizaciones para determinar su clasificación y descartar toxicidad.

Figura 5

Centrífuga decantadora utilizada para la deshidratación mecánica de lodos digeridos



Nota. Registro fotográfico de la visita (marzo de 2025).

La operación general de la planta es monitoreada y parcialmente controlada a través de un sistema SCADA (Figura 6) que permite visualizar el estado de los equipos, operar bombas y registrar variables clave como caudales y niveles. Sin embargo, se destacó que algunas operaciones, como la limpieza de rejillas o el manejo de situaciones anómalas, requieren intervención manual directa del personal operativo. Un reto adicional mencionado fue la susceptibilidad de los equipos electrónicos y de automatización a las fluctuaciones de la calidad de la energía eléctrica en la zona rural donde se ubica la planta.

Figura 6

Interfaz del sistema SCADA mostrando el diagrama de proceso de la línea de tratamiento de lodos



Nota. Registro fotográfico de la visita (marzo de 2025).

Lecciones aprendidas

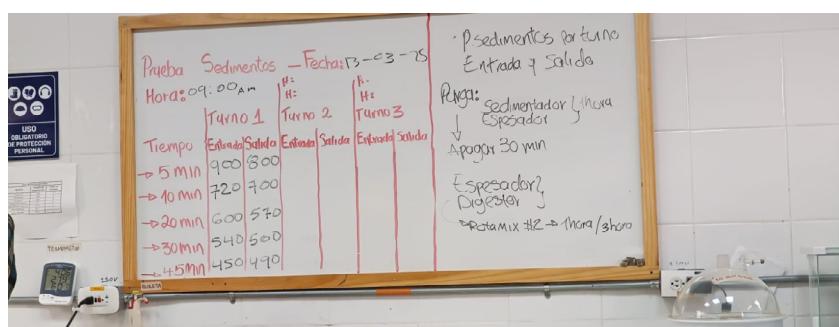
La visita permitió a los estudiantes consolidar y contextualizar diversos conceptos teóricos del tratamiento de aguas residuales. Se pudo observar la aplicación práctica de las diferentes unidades de tratamiento (físicas, biológicas) en una secuencia lógica y comprender las razones detrás del diseño específico de esta PTAR, como la ausencia de tratamiento primario y la elección de tecnologías como el filtro percolador seguido de lodos activados. Se evidenció la diferencia fundamental entre sistemas de biomasa fija (filtro) y suspendida (lodos activados) operando conjuntamente.

Una lección clave fue la comprensión de los desafíos operativos asociados a un sistema de alcantarillado combinado, particularmente el manejo de grandes cantidades de sólidos inertes (arenas) y la variabilidad hidráulica, lo cual impacta directamente el pretratamiento y puede afectar procesos posteriores. Se asimiló la importancia crítica del manejo de lodos, desde su espesamiento y estabilización mediante digestión anaerobia (incluyendo el concepto de producción y potencial aprovechamiento de biogás) hasta su deshidratación final para reducir el volumen de disposición. La necesidad de añadir polímeros para la deshidratación eficaz fue un detalle práctico relevante.

Además, se comprendió la importancia del monitoreo y control de parámetros operativos (pH, OD, caudal, niveles de lodo en el sedimentador) para mantener la eficiencia del proceso biológico y la calidad del efluente, como se evidencia en las pruebas de sedimentación rutinarias (Figura 7), así como el papel de sistemas como SCADA en la gestión moderna de plantas, sin obviar la indispensable labor del personal operativo. La existencia de sistemas de emergencia, como el bombeo de efluente, resaltó la necesidad de prever contingencias operativas ligadas a factores externos como el nivel del río receptor.

Figura 7

Registro manual de pruebas de sedimentación y decisiones operativas asociadas a la purga y mezcla



Nota. Registro fotográfico de la visita (marzo de 2025).

Impacto en el aprendizaje

La experiencia en la PTAR Yumbo consolidó el aprendizaje teórico sobre los procesos de tratamiento de aguas residuales, proporcionando un contexto real y tangible a los conceptos discutidos en clase. La observación directa de la planta en funcionamiento permitió una comprensión más profunda de la secuencia de tratamiento, las interconexiones entre unidades y la escala de los equipos.

La visita también resaltó la importancia de la innovación tecnológica y la transferencia de conocimiento en el campo del saneamiento ambiental, como se evidencia en la incorporación de tecnologías y prácticas de otros países en la PTAR Yumbo (El Tiempo, 2022). Además, la interacción con los profesionales de la planta ofreció una perspectiva valiosa sobre los aspectos operativos, los desafíos de mantenimiento y la importancia del monitoreo y control para asegurar la eficiencia y sostenibilidad del sistema.

Conclusiones

La PTAR Yumbo representa un avance significativo en la infraestructura de saneamiento del municipio y un ejemplo del compromiso de las autoridades locales y regionales con la recuperación del recurso hídrico y la protección del río Cauca. La planta, con una inversión considerable y tecnologías avanzadas, tiene el potencial de mejorar sustancialmente la calidad del agua del río Yumbo y contribuir a la descontaminación del río Cauca (Bolaños, 2022).

La visita técnica fue una experiencia enriquecedora para los estudiantes, permitiendo conectar la teoría con la práctica, comprender los desafíos reales de la ingeniería ambiental y apreciar la importancia de la inversión en infraestructuras de saneamiento para el bienestar de la población y la sostenibilidad ambiental. La PTAR Yumbo se erige como un referente en la región y un ejemplo de cómo la tecnología y el compromiso político pueden converger para lograr un impacto positivo en la calidad del agua y la salud de los ecosistemas.

Referencias

Bolaños, H. (2022). Hoy se puso en marcha primera fase de la PTAR de Yumbo. <https://cvc.gov.co/boletin-prensa-125-2022>

El Tiempo. (2022, 25 de octubre). En Yumbo estrenan Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/colombia/cali/inauguran-planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-en-yumbo-711972>