



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v11i4.4587>

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Investigación

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

Wastewater treatment: Portoviejo WWTP

Tratamento de águas residuais: ETAR de Portoviejo

Julio Benito Intriago-Flores ^I
julio.intriago@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0822-8184>

María Shirlendy Guerrero-Alcívar ^{II}
maria.guerrero@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-4912-5717>

Gene Winston Párraga-Mejía ^{III}
gene.parraga@educacion.gob.ec
<https://orcid.org/0009-0000-7567-0816>

Lenín Wellington Mendoza-Bowen ^{IV}
lenin.mendoza@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-9653-7483>

Gonzalo Iván Alcívar-Ponce ^V
g.ivan@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-5907-7529>

Juan Arturo Arequipa-Cedeño ^{VI}
jarequipa.tecsa@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0000-6129-8769>

Jhonny Avelino Cedeño-Chavez ^{VII}
publiconstruc.1@gmail.com
<https://orcid.org/0009-0008-3054-2878>

Correspondencia: julio.intriago@utm.edu.ec

***Recibido:** 26 de septiembre de 2025 ***Aceptado:** 04 de octubre de 2025 *** Publicado:** 13 de noviembre de 2025

- I. Departamento de Construcciones Civiles, Arquitectura y Geología, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Manabí, Ecuador.
- II. Departamento de Construcciones Civiles, Arquitectura y Geología, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Manabí, Ecuador.
- III. Ministerio de Educación, Ecuador.
- IV. Departamento de Construcciones Civiles, Arquitectura y Geología, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Manabí, Ecuador.
- V. Investigador Independiente, Ecuador.
- VI. Investigador Independiente, Ecuador.
- VII. Investigador Independiente, Ecuador.

Resumen

El tratamiento de aguas residuales es un componente clave para lograr la sostenibilidad ambiental en las ciudades, especialmente en relación con la reutilización de aguas servidas. Este proceso resulta fundamental en regiones con un rápido crecimiento urbano, donde la demanda supera la capacidad de los sistemas de saneamiento existentes. En el caso de Ecuador, el aumento poblacional, los cambios en el consumo de agua y la expansión urbana ejercen presión sobre los cuerpos de agua receptores, lo que obliga a las autoridades locales a invertir en infraestructuras modernas para el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales. Esta necesidad también se extiende al sector salud, debido al manejo de desechos tóxicos en los grandes centros hospitalarios, tanto públicos como privados. Este trabajo tiene como propósito realizar un análisis comparativo entre varias PTARs en el Ecuador con relación a la de Portoviejo, considerando variables como la capacidad instalada, tecnología empleada, eficiencia de remoción de contaminantes, el impacto ambiental y el grado de cumplimiento sobre la normativa vigente. La comparación permitirá identificar fortalezas y debilidades en ambos casos, además de proponer recomendaciones de aguas residuales en el contexto urbano.

Palabras claves: planta de tratamiento; aguas residuales; PTAR; lagunas.

Abstract

Wastewater treatment is a key component for achieving environmental sustainability in cities, especially regarding the reuse of treated wastewater. This process is fundamental in regions with rapid urban growth, where demand exceeds the capacity of existing sanitation systems. In Ecuador, population growth, changes in water consumption, and urban expansion put pressure on receiving water bodies, forcing local authorities to invest in modern infrastructure for the treatment of domestic and industrial wastewater. This need also extends to the health sector, due to the management of toxic waste in large hospitals, both public and private. This study aims to conduct a comparative analysis of several wastewater treatment plants (WWTPs) in Ecuador with respect to the one in Portoviejo, considering variables such as installed capacity, technology used, pollutant removal efficiency, environmental impact, and compliance with current regulations. The comparison will allow for the identification of strengths and weaknesses in both cases, as well as the proposal of wastewater management recommendations in the urban context.

Keywords: treatment plant; wastewater; WWTP; lagoons.

Resumo

O tratamento de águas residuais é um componente essencial para alcançar a sustentabilidade ambiental nas cidades, especialmente no que diz respeito à reutilização da água tratada. Esse processo é fundamental em regiões com rápido crescimento urbano, onde a demanda excede a capacidade dos sistemas de saneamento existentes. No Equador, o crescimento populacional, as mudanças no consumo de água e a expansão urbana pressionam os corpos hídricos receptores, obrigando as autoridades locais a investir em infraestrutura moderna para o tratamento de águas residuais domésticas e industriais. Essa necessidade também se estende ao setor da saúde, devido ao gerenciamento de resíduos tóxicos em grandes hospitais, tanto públicos quanto privados. Este estudo tem como objetivo realizar uma análise comparativa de diversas estações de tratamento de águas residuais (ETARs) no Equador, tendo como referência a de Portoviejo, considerando variáveis como capacidade instalada, tecnologia utilizada, eficiência na remoção de poluentes, impacto ambiental e conformidade com as normas vigentes. A comparação permitirá identificar os pontos fortes e as fragilidades de cada caso, bem como propor recomendações para a gestão de águas residuais no contexto urbano.

Palavras-chave: estação de tratamento; águas residuais; ETAR; lagoas.

Introducción

El tratamiento de aguas residuales es la sostenibilidad ambiental de las ciudades respecto a la reutilización de las aguas servidas, este tratamiento es vital para las regiones en vías de desarrollo urbano, ya que éstas muchas de las veces superan la capacidad de los sistemas de saneamiento existentes. En el contexto local del país, Ecuador, el incremento de la población y el cambio en los patrones de consumo de agua, más la expansión urbana generan mayor demanda sobre los cuerpos receptores de agua, prácticamente obligando a la municipalidad local a invertir en estructuras modernas para el tratamiento de aguas residuales e industriales, así mismo para el sistema de salud, que es uno de los más importantes debido a los desechos tóxicos que manejan las grandes estructuras de salud pública y privada.

Las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) además de ser indispensable para la gestión de los recursos hídricos y la prevención de la contaminación, las ciudades como Portoviejo y Guayaquil han implementado sistemas de tratamiento de aguas residuales que responden a distintas condiciones técnicas, urbanas y socioeconómicas. Para el caso de la PTAR en Portoviejo, ubicada en

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

la provincia de Manabí, opera bajo un funcionamiento de tratamiento convencional orientado a atender las necesidades de una población media y dispersa, mientras que la planta Los Merinos en Guayaquil representa una de las infraestructuras más grandes y modernas del país, diseñada para una gran metrópolis costera con una densidad poblacional alta, y con exigencias ambientales más complejas.

Solo el 30% de las aguas residuales generadas en América Latina reciben algún tipo de tratamiento antes de su disposición final, por lo que se pone en riesgo la salud pública y la integridad ambiental (Banco Mundial, 2020).

En el Ecuador, a pesar del esfuerzo del gobierno por mejorar la eficiencia del tratamiento de aguas servidas, aún persisten brechas significativas en la cobertura con la eficiencia de las PTARs, particularmente en ciudades intermedias y zonas rurales (MAATE, 2022).

El agua que entra a los hogares e industrias no siempre tiene la misma calidad al salir después de haber sido usada. La mayor parte que se destina a estos lugares (hogares, industrias y oficinas) debe de ser tratada antes de regresar al ambiente. La naturaleza de por sí tiene una habilidad para limpiar pequeñas cantidades de agua de desecho y contaminación, pero si se hace cargo de la enorme cantidad de agua y drenaje que el ser humano origina diariamente, no tendría la capacidad suficiente de hacerlo. La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera que el agua está contaminada cuando su composición o estado natural se ven modificados de tal modo que pierde las condiciones aptas para los usos que estaba destinada. La OMS señala lo siguiente:

Debido a la gestión inadecuada de las aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas, cientos de millones de personas beben agua con contaminación biológica o química. Además, el agua para consumo humano, sobre todo si procede del subsuelo, puede contener productos químicos, como arsénico y fluoruros, y cantidades elevadas de otros productos químicos, como plomo, a causa de la lixiviación de tuberías de conducción. (World Health Organization, 2018).

Uno de los más utilizados en nuestra región son los sistemas de desecho en sitio como tanques sépticos o pozos negros ya que ofrecen una opción viable para el desecho de los residuos, al ser debidamente manejados.

Otro de los sistemas más utilizados lo señala Reynolds (2002):

El uso de lagunas de estabilización, sistemas de tratamiento de terrenos y sistemas acuáticos para el desecho de residuos son adecuados, nuevamente, al ser manejados apropiadamente. Las lagunas de

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

estabilización son una alternativa de bajo costo para el tratamiento de corrientes de residuos, pero requieren vastas extensiones de terreno.

Las aguas provenientes del sistema de alcantarillado pueden ser aplicadas al terreno y utilizadas como una fuente de agua para el sector agrícola. Los sistemas de tratamiento acuático incluyen estanques que tienen la capacidad de tomar los contaminantes dañinos que se encuentran en las aguas negras.

Población que utiliza servicios de agua potable gestionados de forma segura.

En la figura 1 se muestra el Porcentaje de la población que bebe agua de una fuente mejorada accesible en las instalaciones, disponible cuando sea necesario y libre de contaminación fecal y química prioritaria.

Ecuador, Total

2000 – 2022

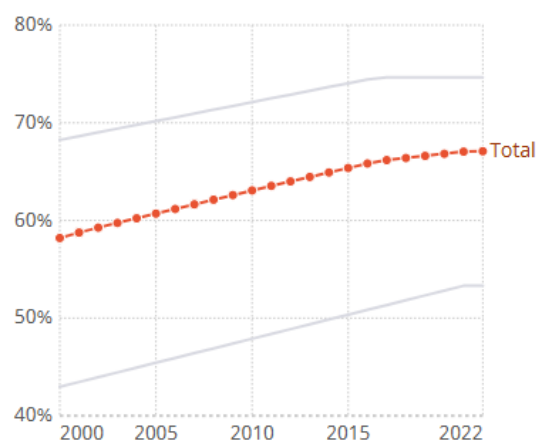


Figura 1. Porcentaje de la población que bebe agua de una fuente mejorada accesible en las instalaciones

Cobertura de agua potable en Ecuador (OMS, 2024)

Los pasos básicos para el tratamiento de aguas residuales incluyen:

1. Pretratamiento. - Remoción física de objetos grandes.
2. Deposición primario. – Sedimentación por gravedad de las partículas sólidas y contaminantes adheridos.
3. Tratamiento secundario. - Digestión biológica usando lodos activados o filtros de goteo que fomentan el crecimiento de microorganismos.
4. Tratamiento terciario. - Tratamiento químico (por ejemplo, precipitación, desinfección).

Tratamientos de aguas residuales en el Ecuador

El Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) informó en el año 2015, que 133 GAD municipales contaban con plantas de tratamiento de aguas residuales, de un total de 221 GAD, lo que significa que aproximadamente el 60% de los municipios tenían PTAR.

La información del INEC para 2022 indica que 221 municipios reportaron una cobertura del 100% en gestión de agua potable y saneamiento, aunque esto no se traduce necesariamente en que el 100% de los municipios tengan PTAR, ya que la norma se refiere a otros aspectos del saneamiento. (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2024)

Lagunas de estabilización

Las lagunas de estabilización son cuerpos de agua creados artificialmente. El proceso de tratamiento es una combinación de sedimentación, digestión y conversión de desechos orgánicos por bacterias. El uso de lagunas de estabilización se usa para tratar aguas residuales de origen municipal, áreas como la petroquímica y la porcícola, entre otras.

De acuerdo con el propósito del tratamiento de las aguas residuales, las lagunas de estabilización pueden clasificarse en: lagunas anaerobias (remoción de sólidos y materia orgánica), lagunas facultativas (remoción de materia orgánica y microorganismos patógenos) y lagunas de maduración (remoción de patógenos). Las lagunas de estabilización, en función del lugar que ocupan, pueden agruparse en primarias o de aguas residuales crudas, y secundarias, si reciben efluentes de otros procesos.

En relación con la secuencia de sus unidades, pueden clasificarse en lagunas en serie o en paralelo, pudiendo existir combinaciones de varios tipos. Los arreglos de un sistema lagunar pueden comprender una única laguna facultativa. Las lagunas en serie incluyen: anaerobia, facultativa y maduración. Además, es deseable construir series del mismo tipo para permitir una operación en paralelo. Las lagunas anaerobias pueden ser diseñadas para operar individualmente o en paralelo.

Lagunas anaerobias

La laguna anaerobia se diseña para tratar aguas residuales con concentraciones altas de materia orgánica, su función es permitir la sedimentación de sólidos y la remoción de materia orgánica en ausencia de oxígeno. Por las consideraciones de diseño, las lagunas anaerobias son los estanques de menor área, mayor profundidad y tiempos de residencia hidráulica cortos; asimismo, admiten cargas orgánicas mayores que los otros tipos de lagunas. Su función primaria es remover materia orgánica y sólidos en suspensión (*Libro Ingeniería sanitaria y aguas residuales.pdf*, n.d.).

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

De acuerdo con (CONAGUA, 2015), en climas cálidos y con un diseño adecuado, podrá obtenerse una remoción aproximada de hasta 60 por ciento respecto de DBO a 20° C y un máximo de 75 por ciento a 25 grados Celsius.

El proceso es sensible a factores ambientales y operativos, como las temperaturas, las variaciones de pH y las variaciones bruscas de carga orgánica, lo que puede producir periodos de baja eficiencia. Además, presenta una acumulación normal de natas, lo que genera un aspecto poco agradable. Ver figura 2.

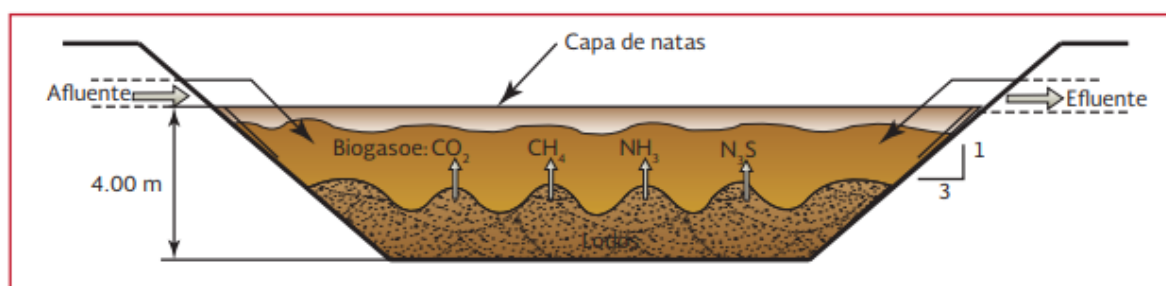


Figura 2. Esquema de una laguna anaerobia

Es posible que el efluente de una laguna anaerobia presente una coloración que puede variar de color, de amarillo a café oscuro y gris oscuro. CONAGUA (2015) señala que “Las variables que deben controlarse en este proceso son el pH, la temperatura y la carga orgánica.” (pág. 14).

El proceso es sensible a factores ambientales y operativos, como las temperaturas, las variaciones de pH y las variaciones bruscas de carga orgánica, lo que puede producir periodos de baja eficiencia. Además, presenta una acumulación normal de natas, lo que genera un aspecto poco agradable.

Lagunas facultativas

Las lagunas facultativas se utilizan frecuentemente y pueden encontrarse como un primer tratamiento o como un tratamiento posterior a las lagunas anaerobias. La profundidad de diseño en estas lagunas varía entre 1.5 y 2 metros.

A diferencia de lo que ocurre con las lagunas anaerobias, el objetivo perseguido en las lagunas facultativas es obtener un efluente de la mayor calidad posible, en el que se haya alcanzado una elevada estabilización de la materia orgánica, y una reducción en el contenido en nutrientes y bacterias coliformes. Las dos fuentes de oxígeno en lagunas facultativas son la actividad fotosintética de algas y la reaireación a través de la superficie. La Universidad de Salamanca afirma lo siguiente:

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

Uno de los signos de buen funcionamiento en las lagunas facultativas es el desarrollo de un color verde brillante debido a la presencia de algas. Las bacterias y algas actúan en forma simbiótica, con el resultado global de la degradación de la materia orgánica. Las bacterias utilizan el oxígeno suministrado por las algas para metabolizar en forma aeróbica los compuestos orgánicos. En este proceso se liberan nutrientes solubles (nitratos, fosfatos) y dióxido de carbono en grandes cantidades (ver figura 3).

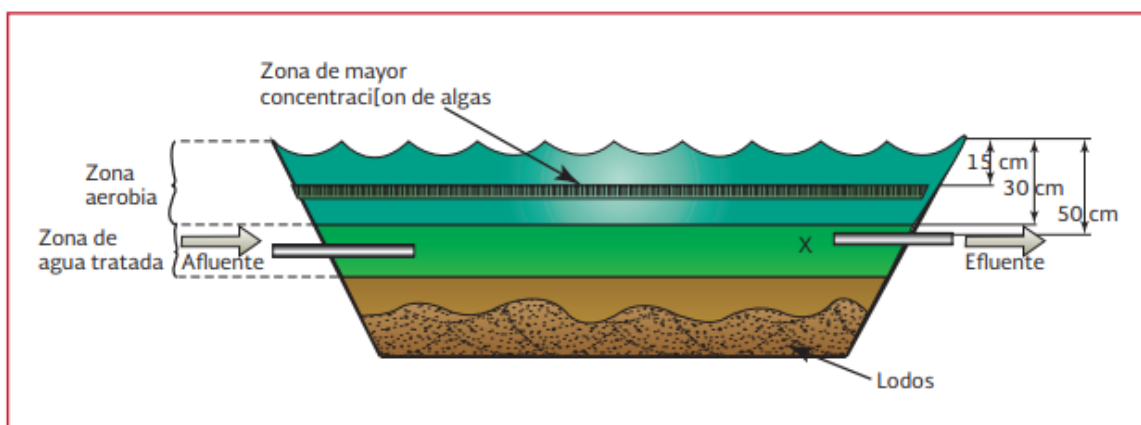


Figura 3. Esquema de una laguna facultativa

Lagunas de maduración

Las lagunas de maduración son sistemas naturales de tratamiento de aguas residuales que se utilizan para reducir la concentración de bacterias patógenas y mejorar la calidad del efluente antes de su disposición final o reutilización. Son menos profundas que las facultativas (0.9 a 1.5 metros) y en ellas deben predominar las condiciones aerobias. Presentan concentraciones de oxígeno disuelto mayores a las de una laguna facultativa y su objetivo es la remoción de microorganismos patógenos. El agua de las lagunas de maduración presenta una coloración verde y está libre de olor. Generalmente las lagunas de maduración se ubican después de una laguna facultativa. La presencia de insectos o larvas de insectos en la laguna, indica un mantenimiento pobre y una mala circulación. CONAGUA (2015) establece que “El efluente de una laguna de maduración deberá presentar una coloración verde, un pH alcalino (mayor a 8) y no deberá detectarse olor.”

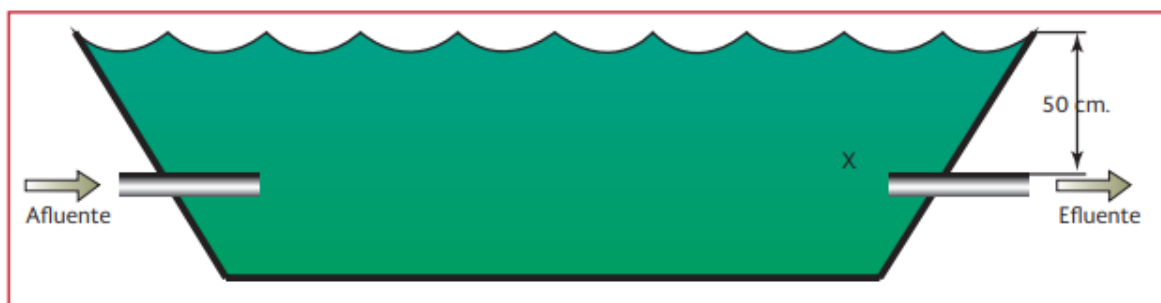


Figura 4. Esquema de una laguna de maduración

Datos sobre el cantón Portoviejo

Portoviejo es la capital de la provincia de Manabí, Ecuador. Limita al norte con los cantones Rocafuerte, Sucre, Junín y Bolívar; al sur con Santa Ana; al oeste con Montecristi y el Océano Pacífico; y al este con Pichincha y Santa Ana.

Aspectos históricos

Tras la independencia del dominio español el 24 de mayo de 1822, Portoviejo pasó a formar parte del Departamento del Sur dentro de la Gran Colombia. El 25 de junio de 1824 se creó la provincia de Manabí, conformada inicialmente por los cantones Portoviejo, Jipijapa y Montecristi. En ese mismo año, mediante la Ley de División Territorial de la República de Colombia, se estableció a San Gregorio de Portoviejo como capital provincial y se equiparó políticamente a Manabí con la provincia del Guayas.

Geografía

El cantón presenta un relieve mayormente accidentado con colinas y pequeñas cordilleras, como las de Portoviejo, Río Chico, El Calvario y Picoazá. Se encuentra a una altitud media de 53 m s. n. m. Las cuencas hidrográficas de Portoviejo y Chone están separadas por los cerros de Bálsamo. La vegetación predominante incluye bosques de ceibos y guayacanes.

Clima

Portoviejo tiene un clima cálido tropical con dos estaciones:

- **Invierno (enero a mayo):** lluvioso y caluroso.
- **Verano (junio a diciembre):** seco y templado.

La temperatura media varía entre 21 °C y 29 °C, con extremos ocasionales entre 20 °C y 32 °C. Las precipitaciones anuales oscilan entre 500 y 1.000 mm.

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

La población del Cantón PORTOVIEJO, según el Censo del 2001, es de 238.430 habitantes, 117023 (hombres y 121.407 (mujeres), que representa el 20,1% del total de la Provincia de Manabí; ha crecido en el último período intercensal 1990-2001, a un ritmo del 1,5 % promedio anual. El 27,9 % de su población reside en el Área Rural; se caracteriza por ser una población joven, ya que el 43,1% son menores de 20 años, según se puede observar en la Pirámide de Población por edades y sexo(INEC, 2015).

Caracterización de la PTAR PORTOVIEJO

La planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la ciudad de Portoviejo en la provincia de Manabí, es una infraestructura con el propósito de dar solución al tratamiento de aguas servidas generadas en el área urbana del cantón. La planta fue inaugurada el 30 de mayo de 2018. Utiliza un sistema de tratamiento convencional de lodos activados por aireación extendida, con digestión aeróbica de lodos. Su diseño está orientado al tratamiento de aguas domésticas, considerando una carga orgánica promedio de una población cercana a los 200.000 habitantes.

La laguna de oxidación es una planta de tratamiento de aguas residuales domésticas y municipales, que está a cargo de la Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Portoviejo, la misma que se encuentra ubicada en el sector Nor-Oeste de la ciudad, específicamente sobre la Av. 5 de Junio y Autopista del Valle Manabí Guillén de la ciudad de Portoviejo en la provincia de Manabí, cuenta con 39 hectáreas de las cuales 32 se encuentran ocupadas por las cuatro lagunas que esta posee. Esta planta de tratamiento cuenta con 14 sub estaciones de bombeo las cuales están distribuidas en toda la ciudad de Portoviejo y se encargan de conducir las aguas residuales hasta la planta de tratamiento. Al llegar las aguas residuales a la planta son dirigidas por una estación de bombeo y colectores para luego pasar a la cámara de desbaste la cual se encarga de retener los materiales sólidos no orgánicos que después serán eliminados, y es justo aquí donde se desprende los malos olores, según criterio de los técnicos encargados. Luego de este proceso las aguas pasan a dos lagunas aireadas A y B, las mismas que están dotadas de equipos de aireación, cuya finalidad es introducir oxígeno a la masa líquida para disminuir los malos olores. Estas lagunas poseen una profundidad de 4.4m, su periodo de retención de las aguas es de 2 días y poseen 8 aireadores es decir 4 cada una. Luego de haber pasado las aguas por las lagunas aireadas, estas son dirigidas a una tercera laguna que es la laguna facultativa la misma que se encarga de almacenar y asimilar los sólidos biológicos producidos en las lagunas aireadas. Esta laguna tiene una profundidad de 1.8m con un volumen de 283.040m³, y el tiempo de retención de las aguas en esta laguna es de 5 días. Seguido esto las aguas

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

pasan a una última laguna que es la de maduración a la cual no llegan sólidos biológicos, que no sean algas unicelulares y prácticamente no acumulan lodos de manera que no es necesario su limpieza. Esta laguna cuenta con una profundidad de 1.77m y su periodo de retención de aguas es de 4 días para luego ser descargadas al río una vez ya tratadas (Macias Carrillo, 2019).

En cuanto a la limpieza de las lagunas no se realiza más que retirar las algas ya muertas para luego ser tratadas con cal, lo cual se realiza diariamente, el mismo procedimiento es efectuado con los lodos que son retirados cada 4 años y así mismo ser tratados con cal así asegura el Ing. Químico encargado del funcionamiento de la Planta de Tratamiento. El Sistema Único de Información Ambiental (SUIA) del Ministerio de Medio Ambiente (MAE), señala que toda construcción y operación de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (que incluye sistemas de alcantarillado), responde a un trámite de licencia ambiental que es de obligación para las instalaciones que, en su operación, superen los 5000 m³/ de agua por día. La entidad estudiada, en la actualidad, trabaja con un promedio de 44064 m³/día de captación de agua residual, lo que está por encima de los rangos establecidos (Universidad Estatal del Sur de Manabí, 2017),

El grado de eficiencia del sistema de tratamiento de las aguas residuales de la laguna de oxidación según los análisis realizados por (Universidad Estatal del Sur de Manabí, 2017) muestra los siguientes valores:

Un alto grado de eficiencia en la remoción de sulfatos (SO₄) en un -285 %

- Los coliformes fecales (CF) con 99.93%,
- Sólidos totales suspendidos (STS) 78.78%,
- Demanda química de oxígeno (DQO) 41.30%,
- Demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días DBO₅) 38.45%,
- Nitrógeno amoniacal (NH₃) 11.30%,
- Potencial de hidrógeno (pH) 4.50%,
- Temperatura (T) -0.14%, de disminución

Parámetros específicos para el rediseño del sistema de depuración de aguas residuales de Picoazá

Para la determinación de parámetros recomendados para el rediseño de las lagunas de Picoazá, se tomó en cuenta las siguientes consideraciones: (a) que la población aportante se ha estimado con un buen grado de aproximación en las campañas de muestreo; (b) para cálculo de los aportes per cápita se toman los valores sugeridos en el Plan Maestro de

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

Alcantarillado Sanitario con una contribución de agua residual doméstica por habitante, entre 157,1 para el año 2001 y 171,6 para el año 2020; y, (c) se estima que los datos de caudal y concentración medidos, son confiables para el cálculo de las masas de parámetros como DBO, NH₃-NyNKT.

Los aportes per cápita de parámetros como la DBO son reducidos y reflejan un problema de salud pública de alimentación reducida. El intervalo de valores encontrados varía entre 23,4 y 42,6, con un valor promedio de 31,5 g DBO/(hab.d). Valores tan bajos no deben utilizarse en el diseño de estaciones de tratamiento con horizontes de diseño entre 15 y 20 años, por cuanto se debe suponer que el problema de baja dieta va a mejorar en el tiempo. Se sugirió un aporte per cápita de DBO de 54 g DBO/(hab.d), que coincide con el criterio utilizado en los Planes maestros. Con este valor la concentración de DBO es de 314,8 mg/1 para Picoazá, valor que es del mismo orden de magnitud al valor sugerido en el Plan Maestro de Alcantarillado Sanitario. Los aportes per cápita de componentes del nitrógeno son relativamente altos y variaron entre 8,8 y 13,3 para el nitrógeno amoniacal y entre 10, 7 y 15, 7 para el nitrógeno Kjeldahl total. Se adoptan los valores medios encontrados en las 14 campañas, estos coinciden con valores similares para otras poblaciones del Ecuador. Con estas consideraciones se sugirieron en la tabla 1, los siguientes parámetros para rediseño de la estación de tratamiento de las aguas residuales de Picoazá:

Tabla 1. Parámetros recomendados para el diseño de los sistemas de depuración de aguas residuales de Portoviejo

Descripción	Mínimo	Máximo	Recomendado
Caudal l/hb.d	157.1	171.6	171.6
gNKT/hab.d	10.7	15.7	12.0
gNH ₃ -N/hab.d	8.8	13.3	10.4
gDBO/hab.d	23.4	42.6	54.0
Relacion DQO/DBO	1.5	3.4	2.2
Coli fecal, #100ml	IE7	IE8	IE8

Los caudales domésticos (Q_{dom}) se calcularon con los aportes per cápita 1/(hab.día) y las correspondientes poblaciones servidas.

Los caudales de infiltración, se han determinado con la siguiente relación reportada por los Planes Maestros de Alcantarillado:

$$Q_{inf} = 42.51 \times A^{0.7} / 86.4$$

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

En donde:

Q_{inf} es el caudal de infiltración en l/s

A es el área de aporte en hectáreas

Los caudales de aguas ilícitas (Q_{il}) se calcularon con la siguiente relación propuesta por la Asociación Hidroestudios - Acolit - Binnie & Partners, para los Planes Maestros de Alcantarillado Sanitario:

$$Q_{ill} = \frac{3.53 \times \left(\frac{P}{7}\right)^{0.5}}{[15 + (3.57 \times A^{0.5})]^{0.5}}$$

Los caudales medios de tratamiento (Q_{med}) corresponden a los caudales domésticos con los caudales de infiltración.

$$Q_{med} = Q_{dom} + Q_{inf}$$

Para determinación de los caudales máximos se usa el factor de mayoración de los caudales domésticos (K), de acuerdo con las Normas de Diseño del IEOS 3 (ahora Saneamiento Ambiental del Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda):

$$K = \frac{2.228}{Q_{dom}^{0.07725}}$$

Los caudales máximos en tiempo seco (Q_{maxs}), corresponden a los caudales domésticos mayorados más los caudales de infiltración

$$Q_{maxs} = Q_{dom} \times K + Q_{inf}$$

Los caudales máximos en tiempo húmedo, corresponden a los caudales máximos horarios (Q_{maxh}), los cuales son la suma de los caudales máximos en tiempo húmedo más los caudales de aguas ilícitas:

$$Q_{rnaxh} = Q_{maxs} + Q_{il}$$

Para la determinación de los caudales para los años intermedios de las diferentes etapas, se han efectuado los cálculos en función de las poblaciones y aportes líquidos ya reportados.

Para el cálculo de las cargas de contaminantes de origen doméstico, se ha efectuado con los datos de los siguientes aportes per cápita, recomendados en la tabla 2.

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

Tabla 2. *Cálculo de las cargas de contaminantes de origen domestico*

DBO, 5 días, 20 ° C	54.0 g (hab. día)
Solidos en suspensión	62.5 g (/hab. día)
Nitrógeno Total	12.0 g/ (hab. día)

Sobre los valores adoptados, cabe las siguientes consideraciones:

Para el rediseño de las lagunas de Picoazá, existe una caracterización confiable de las aguas residuales.

Para las lagunas de Colón no hay sistema de alcantarillado, de manera que no es posible su caracterización y para el desarrollo de las bases de diseño del sistema de Colón se consideran adecuados los valores de los aportes per cápita indicados anteriormente. Con estos valores se han calculado las cargas y concentraciones de los principales contaminantes.

El aporte per cápita de sólidos en suspensión ha sido adoptado tomando una relación de 1,25 veces el valor de D8O, lo cual coincide con valores reportados en estudios similares para otras ciudades en el Ecuador.

Las concentraciones de nitrógeno total indicadas en los cuadros, están dentro de los valores encontrados en los estudios iniciales.

Calidad de los cuerpos receptores y grado de tratamiento

En relación con usos y metas de calidad de las aguas del río Portoviejo se han revisado los criterios de calidad establecidos por varias fuentes. Para defensa del uso de recreación con contacto directo, la OMS establece límites de calidad con valores de 1000 coliformes fecales/100 ml. y ausencia de parásitos.(Intriago-Flores & Quiroz-Fernandez, 2021) Este criterio de calidad ha sido además adoptado en las Normas Nacionales vigentes. Otros criterios de calidad no establecidos en normas nacionales, han sido adoptados de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Con estos antecedentes se han escogido los siguientes límites de calidad para los diferentes usos:

- Para los coliformes fecales y uso del agua en recreación con contacto directo se adopta como límite de calidad, la norma nacional de 1000 coliformes fecales /100 ml.(Julio et al., n.d.) En ausencia de valores específicos para otros usos, se adopta el mismo valor para propagación de vida acuática y para abastecimiento de agua potable previo al tratamiento se establece como límite deseable 600 coliformes fecales /100 ml., que corresponde a la norma nacional revisada.

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

- b. Para reúso agrícola de las aguas residuales sin restricciones se adopta las recomendaciones de la OMS y la norma nacional de 1000 coliformes fecales /100 ml, y ausencia de nemátodos intestinales.
- c. Se establece un valor del oxígeno disuelto entre 4 y 5 mg/l, como límite para todos los usos.(Intriago-flores & Guadamud-mieles, 2024)
- d. Se establece un intervalo entre 5 y 10 mg/l para la demanda bioquímica de oxígeno para los usos de: propagación de vida acuática y recreación con contacto directo.(Manuel et al., 2025)
- e. Materiales flotantes, aceites y grasas, virtualmente ausentes para todos los usos.

Se han efectuado inspecciones detalladas al río Portoviejo, con la finalidad de determinar los usos de sus aguas, los criterios de calidad y las metas de calidad para defensa de dichos usos, de tal forma que se pueda determinar los grados de tratamiento a los cuales deben estar sujetas las aguas residuales (Benito et al., 2025). Se ha implementado el Modelo de Simulación DOSAG4 para una segmentación que comienza en la descarga de agua de Poza Honda y termina en el estuario, con una longitud total de 11.9 Km. Los detalles de estos estudios pueden encontrarse en otra referencia.

Para las condiciones críticas del río Portoviejo en el año 2020 se demuestra que para una calidad del efluente de las lagunas de Picoazá de 1000 coliformes fecales /100 ml se cumple con la calidad de agua establecida para abastecimiento de agua potable previo al tratamiento, en el sitio crítico del Puente del Ceibal. Otras corridas para condiciones de caudales medios mensuales se encuentran en la mencionada referencia.

Con estos antecedentes se adopta un nivel de tratamiento de 1000 coliformes fecales /100 ml para el efluente de las lagunas de Picoazá, en condiciones del mes más frío, nivel que resulta crítico para la calidad de aguas residuales a ser utilizadas en riego sin restricciones.

En la tabla 3, se puede observar los límites máximos permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

Tabla 3. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30.0
Alkyl merurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsenico	As	mg/l	0.1
Bario	Ba	mg/l	2.0
Boro Total	B	mg/l	2.0
Cadmio	Cd	mg/l	0.02
Cianuro total	CN	mg/l	0.1
Cinc	Zn	mg/l	5.0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/l	0.1
Cloruros	Cl	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1.0
Cobalto	Co	mg/l	0.5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml unidades de color	2000
Color real	Color real	mg/l	Inapreciable en dilucion: 1/20
Compuestos fenolicos	Fenol	mg/l	0.2
Cromo hexavalente	Cr	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5.0
Fluoruros	F	mg/l	5.0
Fosforo Total	P	mg/l	10.0
Hierro total	Fe	mg/l	10.0
Hidrocarburos totales de petroleo	TPH	mg/l	20.0
Manganeso total	Mn	mg/l	2.0
Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0.005
Niquel	Ni	mg/l	2.0
Nitrogeno amoniacal	N	mg/l	30.0
Nitrogeno total Kjeldahl	N	mg/l	50.0
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0.05
Compuestos organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0.1
Plata	Ag	mg/l	0.1
Plomo	Pb	mg/l	0.2
Potencial de hidrogeno	pH		6.9
Selenio	Se	mg/l	0.1
Solidos suspendidos totales	SST	mg/l	130
Solidos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO4	mg/l	1000
Sulfuros	S2	mg/l	0.5
Temperatura	°C		Condicion natural *3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0.5
Tetracloruros de carbonos	Tetracloruro de carbono	mg/l	1.0

La aparición del color se estima sobre 10cm de muestra diluida

Fuente: (Ministerio del Ambiente)

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

A continuación, la figura 5 muestra una vista en aérea de la planta de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo:

Figura 5. Vista aérea de la PTAR Portoviejo



Fuente: Google Maps, 2025

En el caso de la eficiencia operativa esperada, se tiene la siguiente tabla (1), además la planta opera con tecnología de bajo consumo energético en comparación con otros sistemas más complejos como los de la PTAR Los Merinos. Aunque la eficiencia de remoción de nutrientes no es tan buena debido a la falta de tratamiento de redes terciarias, además el control de olores es limitado, lo cual genera observaciones:

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

Tabla 4. Eficiencia operativa esperada de la PTAR Portoviejo

Parámetro	Carga de entrada	Carga de salida esperada	Remoción estimada (%)
DBO ₅ (mg/L)	250 – 300	<30	88 – 90 %
DQO (mg/L)	500 – 600	<100	83 – 85 %
Sólidos Suspendidos Totales	300	<30	90%
Nitrógeno Total (mg/L)	40	<20	~50 % (variable)

Fuente: Elaboración propia del autor

En las figuras de la 6 a la 9 podemos observar fotografías aéreas de la PTAR Portoviejo

Figura 6. Vista aérea de la PTAR Portoviejo



Fuente: PortoAguas, 2021

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

Figura 7. PTAR Portoviejo



Fuente: PortoAguas, 2021

Figura 8. PTAR Portoviejo



Fuente: PortoAguas, 2021

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

Figura 9. PTAR Portoviejo



Fuente: Porto Aguas, 2021

Resultados

Cumplimiento de parámetros normativos

Los resultados de monitoreo de ambas plantas fueron cotejados con el Acuerdo Ministerial 097-A del MAATE, el cual establece los valores máximos permisibles para descarga de aguas residuales tratadas:

Tabla 5. Valores de parámetros de comparación

Parámetro	Norma (097-A)	Portoviejo
DBO ₅ (mg/L)	≤ 50	42
DQO (mg/L)	≤ 250	170
SST (mg/L)	≤ 100	70–90
Coliformes fecales	≤ 1 000 NMP/100 mL	>10 000
pH	6.5–9.0	7.2

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

Como se puede observar, la planta cumple con los límites permitidos para DBO₅, DQO y pH, sin embargo, queda por debajo en el parámetro de coliformes fecales, lo cual compromete la calidad sanitaria del efluente final.

Manejo de lodos y subproductos

No realiza un manejo técnico completo de lodos; se dispone en lagunas secundarias sin proceso de estabilización controlado, lo que representa un riesgo ambiental a largo plazo por posibles infiltraciones y emisión de gases.

Automatización y monitoreo

Portoviejo, presenta una operación mayoritariamente manual, con registros discontinuos y poca integración de datos para la toma de decisiones.

Sostenibilidad operativa y energética

Portoviejo posee una ventaja en cuanto a costos operativos mediante biogás. Bajos, pero su modelo no es sostenible ambientalmente a largo plazo debido al incumplimiento en parámetros microbiológicos y falta de reutilización de recursos

Diagnóstico FODA

En la tabla 6 se evidencia factores como fortalezas oportunidades, debilidades y amenazas de la PATAR estudiada.

Tabla 6. Factores de tratamientos

Factor	PTAR Portoviejo
Fortalezas	Bajos costos operativos
Oportunidades	Ampliación con nueva PTAR Picoazá
Debilidades	Tecnología obsoleta, alto nivel de coliformes
Amenazas	Contaminación al río Portoviejo, sanciones regulatorias

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

Comparación técnica y operativa

En la Tabla 7 observamos que la planta de Portoviejo no cumple con ciertos criterios importantes.

Tabla 7. Criterios entre las dos plantas de tratamiento

Criterio	Portoviejo (actual)
Tipo de tratamiento	Lagunas
Cumplimiento DBO/DQO	Sí
Cumplimientos coliformes	No
Subproductos valorizados	No
Automatización	Baja
Monitoreo continuo	No
Cobertura poblacional	~280 mil hab

Discusión

La comparación detallada entre las plantas de tratamiento de aguas residuales de Portoviejo permite no solo evidenciar diferencias técnicas y operativas, sino también reflexionar sobre las implicaciones estructurales en la planificación del saneamiento urbano en el Ecuador. Esta sección aborda la interpretación de los resultados y su vinculación con el contexto nacional y local.

Tecnología como reflejo del modelo urbano

La elección del tipo de tecnología implementada en cada planta es una consecuencia directa del contexto urbano, demográfico y presupuestario de cada ciudad. Portoviejo ha sostenido durante décadas una operación basada en lagunas de estabilización, tecnología apropiada para poblaciones medianas con espacio disponible y limitaciones presupuestarias. Esta alternativa, si bien funcional en su momento, presenta límites en el contexto actual, especialmente en lo relativo al control de patógenos y variabilidad de cargas.

En contraste, con PTAR de las grandes ciudades representan un modelo técnico más avanzado, en donde se combinan sistemas anaerobios, tratamientos biológicos y desinfección por UV, alineándose con las exigencias normativas del país y las tendencias internacionales en saneamiento urbano

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

sostenible. Esta diferencia tecnológica también refleja el nivel de institucionalidad, acceso a financiamiento y visión de largo plazo en la planificación ambiental específicamente en la capital del Ecuador.

Brechas en cumplimiento normativo

El cumplimiento parcial de la planta de Portoviejo con la normativa del MAATE (Acuerdo Ministerial 097-A), especialmente en el parámetro de coliformes fecales, representa un problema crítico. A pesar de cumplir con DBO₅ y DQO, la persistencia de altos niveles de patógenos implica un riesgo directo a la salud pública y a los cuerpos hídricos receptores, en este caso el río Portoviejo.

Valorización de subproductos y economía circular

Uno de los pilares de la sostenibilidad moderna en las PTAR es el aprovechamiento de subproductos. En algunas ciudades en el Ecuador ya han iniciado una transición hacia la valorización de lodos (biosólidos) y producción de biogás, alineándose con los principios de economía circular. Aunque estos procesos aún no alcanzan su máximo potencial, son pasos estratégicos hacia un modelo autosuficiente energética y ambientalmente.

En cambio, Portoviejo carece de un sistema eficiente de manejo de lodos, y no cuenta con procesos de estabilización ni valorización. Esto no sólo representa una oportunidad perdida en términos de recursos, sino que también incrementa el riesgo de impactos ambientales negativos, tales como la emisión de gases invernadero o la contaminación de suelos por disposición inadecuada.

Automatización, monitoreo y gobernanza técnica

El monitoreo continuo y la automatización de procesos son elementos esenciales para garantizar la eficiencia operativa y el cumplimiento normativo en una PTAR. Plantas como la de Quitumbe, al incorporar sistemas de supervisión SCADA y monitoreo de parámetros en tiempo real, permite una gestión reactiva y preventiva, disminuyendo la probabilidad de fallas operativas o descargas no tratadas.

Portoviejo opera aún con esquemas manuales, limitados a inspecciones y registros intermitentes. Esto impide una respuesta inmediata ante desviaciones de calidad o caudales extraordinarios. Esta diferencia evidencia una brecha en la capacidad técnica e institucional de las entidades gestoras locales, lo cual es una barrera estructural que requiere ser superada con inversión y capacitación.

Impactos ambientales y sociales

La descarga de aguas residuales sin tratamiento adecuado, como ocurre en el caso de Portoviejo con coliformes elevados, representa un problema no solo técnico, sino también ambiental y social. La

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

contaminación del río Portoviejo tiene implicaciones directas en la salud de comunidades aledañas, especialmente aquellas que dependen del recurso para actividades agrícolas o recreativas.

Quito, al contar con un sistema más robusto, logra mitigar estos impactos y abre la puerta a futuras iniciativas de reutilización del agua tratada, lo cual es clave en un contexto de cambio climático y escasez hídrica creciente. Sin embargo, todavía existen oportunidades de mejora en la implementación de tecnologías terciarias y la planificación del uso del efluente en riego o recarga de acuíferos.

Escalabilidad y replicabilidad

Aunque Quito ha alcanzado un nivel avanzado de tratamiento, no todos los componentes de su modelo son replicables directamente en ciudades como Portoviejo, debido a limitaciones presupuestarias, técnicas y de escala. Sin embargo, existen aspectos que sí pueden ser adaptados y escalados progresivamente, tales como:

- La inclusión de módulos de desinfección compactos (como UV).
- La integración de monitoreo básico en tiempo real.
- La valorización de lodos como fuente de abono agrícola local.

Este enfoque modular y adaptable es clave para garantizar que otras ciudades ecuatorianas puedan mejorar progresivamente su infraestructura sanitaria, sin necesidad de grandes inversiones iniciales.

Discusión

- Portoviejo requiere inversión para modernización
- Diferencia de escala exige enfoques diferenciados pero replicables

Conclusiones

La presente investigación permitió evidenciar de manera clara las diferencias sustanciales entre la planta de tratamiento de aguas residuales del cantón Portoviejo, abarcando aspectos tecnológicos, operativos, normativos y de sostenibilidad. A partir del análisis comparativo, se destacan las siguientes conclusiones:

Diferencias tecnológicas determinantes

La tecnología implementada en ciudades como Quito, representa una solución avanzada y eficiente en términos de calidad del efluente y aprovechamiento de subproductos. El sistema incluye tratamiento primario, reactores UASB, tratamiento biológico secundario, y desinfección UV,

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

mientras que la PTAR de Portoviejo se basa únicamente en lagunas de estabilización, un modelo ya superado por sus limitaciones en eficiencia de remoción de patógenos.

Estas diferencias reflejan no solo las prioridades técnicas, sino también el nivel de inversión, planificación urbana y respaldo institucional con el que cada ciudad cuenta.

Cumplimiento de la normativa ambiental

La planta de Portoviejo, aunque cumple con los dos primeros parámetros, presenta un incumplimiento en materia de coliformes, lo cual la coloca en una situación crítica respecto al impacto sanitario y ambiental de sus descargas.

Este incumplimiento reiterado sugiere la necesidad urgente de fortalecer la capacidad regulatoria y fiscalizadora a nivel local, así como implementar acciones correctivas inmediatas.

Brecha en sostenibilidad y economía circular

Mientras las principales ciudades en el Ecuador como Quito, Guayaquil y Cuenca han comenzado a explorar la valorización de lodos y la producción de biogás, Portoviejo no ha incorporado aún elementos de sostenibilidad ambiental en su modelo operativo. Este contraste limita las posibilidades de transición hacia una gestión circular del agua en Portoviejo y perpetúa una visión lineal del ciclo del saneamiento.

La incorporación de principios de economía circular no solo reduce los impactos negativos, sino que también genera oportunidades económicas locales y fortalece la resiliencia urbana ante el cambio climático.

Escala poblacional y retos compartidos

Aunque la diferencia en escala poblacional (Portoviejo con ~280 mil habitantes frente a Quito con más de 1 millón servidos en Quitumbe) explica en parte la diferencia en complejidad técnica, ambas ciudades enfrentan desafíos comunes, como la necesidad de financiamiento, la operación eficiente, la transparencia en la gestión y el monitoreo continuo de los parámetros operativos.

La solución no pasa exclusivamente por copiar modelos, sino por adaptar soluciones escalables y modulares según las capacidades locales.

Recomendaciones (PTAR- Portoviejo)

Con base en los hallazgos y conclusiones, se proponen las siguientes recomendaciones, diferenciadas para cada ciudad y aplicables también a otras ciudades ecuatorianas con contextos similares:

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

- Implementación urgente de la PTAR Picoazá, con capacidad de 1 740 L/s y tecnología que incluya tratamiento terciario y desinfección UV, con el fin de cumplir la normativa vigente y reducir la carga bacteriana.
- Fortalecer las capacidades técnicas del personal operativo y establecer convenios con universidades locales para monitoreo ambiental, control de procesos y formación continua.
- Adoptar tecnologías de bajo costo, pero alta eficiencia como los sistemas de fangos activados compactos o módulos de tratamiento UV móviles, como solución intermedia mientras se desarrolla la nueva planta.
- Diseñar un sistema de manejo y valorización de lodos, incluyendo opciones de compostaje o deshidratación solar, para reducir los impactos ambientales de la disposición actual.
- Actualizar y armonizar las ordenanzas municipales de saneamiento con la normativa nacional (MAATE e INEN), incluyendo criterios de sostenibilidad, economía circular y recuperación de recursos.
- Establecer un sistema nacional de indicadores de desempeño de PTAR, que permita comparar de forma objetiva la eficiencia y sostenibilidad de las plantas del país.
- Promover campañas de educación ambiental y participación ciudadana, orientadas a fomentar el buen uso del sistema de alcantarillado, el cuidado de las fuentes hídricas y el control del vertido ilegal.
- Buscar financiamiento internacional (CAF, BID, BM) para proyectos de modernización, innovación tecnológica e integración de energías renovables en las PTAR.

Referencias

1. Acciona Agua. (2023). Sistema de saneamiento integral para Guayaquil – PTAR Los Merinos. <https://www.acciona.com>
2. Banco Mundial. (2020). Evaluación de la infraestructura de saneamiento en América Latina y el Caribe. Recuperado de: <https://www.worldbank.org/>
3. El Diario. (10 de mayo de 2025). Portoviejo implementará tecnología avanzada en nueva PTAR para 420.000 habitantes.
4. Informe técnico donde se describe la capacidad actual y futura de la infraestructura actual en Portoviejo

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

5. EMAPAG. (2022). Planta de Tratamiento Los Merinos – Proyecto de Saneamiento Norte de Guayaquil. Informe técnico.
6. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE). (2022). Informe nacional sobre calidad de agua y tratamiento de aguas residuales. Quito, Ecuador.
7. San Andrés Laz, A. S. (2021). Análisis del entorno a la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del cantón Portoviejo (Tesis de titulación, Carrera de Arquitectura, Universidad San Gregorio de Portoviejo). Repositorio institucional. Recuperado de http://repositorio.sangregorio.edu.ec/bitstream/123456789/1858/1/ARQ_C2021_02.pdf
8. Benito, J., Flores, I., Irene, B., Giler, C., Francisco, F., & Lucas, F. (2025). Comparatives of the ICA , upper , middle and lower basins of the Portoviejo River Comparativos das bacias ICA , alta , média e baixa do Río Portoviejo (Vol. 11).
9. CONAGUA. (2015). CONAGUA. 17, 302.
10. INEC. (2015). PIRÁMIDE DE POBLACIÓN . Censo 2001 CANTÓN PORTOVIEJO : POBLACIÓN DE 5 AÑOS Y MÁS , POR SEXO Y ÁREAS , SEGÚN NIVELES DE INSTRUCCIÓN . Censo 2001. Ecuadorencifras.Com, 5–8. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantonaes/Manabi/Fasciculo_Portoviejo.pdf
11. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2024). Estadística de Información Ambiental Económica en Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales. Ecuador En Cifras, 1–31. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2021/Residuo_solidos_2021/Presentación_residuos_2021_v07JA_CGTP_\(Rev_2_CGTPE\)_\(Rev_Dicos\).pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Municipios_2021/Residuo_solidos_2021/Presentación_residuos_2021_v07JA_CGTP_(Rev_2_CGTPE)_(Rev_Dicos).pdf)
12. Intriago-flores, J. B., & Guadamud-mieles, P. A. (2024). Julio Benito Intriago-Flores. 10, 359–382.
13. Intriago-Flores, J. B., & Quiroz-Fernandez, L. S. (2021). Calidad del agua de la cuenca media del río Portoviejo. Estrategias para mitigar la contaminación Water quality of the middle basin of the Portoviejo river. Strategies to mitigate pollution Qualidade da água da bacia média do rio Portoviejo. Estratégias p. Polo Del Conocimiento, 6(6), 1144–1171. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i6.2811>

Tratamiento de aguas residuales: PTAR Portoviejo

14. Julio, I., Intriago, B., Carlos, I., Valarezo, O., Jorge, I., Macias, L., Lucy, I., Solórzano, E., María, A., Pita, V., Cristian, I., Ordoñez, S., Luis, I., Álava, M., Rodrigo, I., & Noguera, J. (n.d.). Calidad de agua : ejemplos específicos.
15. Libro Ingenieria sanitaria y aguas residuales.pdf. (n.d.).
16. Macias Carrillo, K. S. (2019). Evaluación Ex Post de los Impactos Socio-Ambientales de la Laguna de Oxidación de la Ciudad de Portoviejo. Tesis, 78.
17. Manuel, A., Prado, P., Benito, J., Flores, I., & Civil, I. (2025). Keyner Joshue Pincay Proaño. 11, 1617–1641.

©2025 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).|