

Artículo

Evaluación de la planta de tratamiento de Aguas Residuales de “El Corazón” del Cantón Pangua, Ecuador

Jorge Pillapa Ponluisa^[1]  Liliana López López^[2]  Ambar Yépez Intriago^[2]  Carlos Navarro Peñaherrera^[2] 

[1] Profesional independiente

[2] Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Civil, Ambato 180206, Ecuador



Autor para correspondencia: ac.yepetz@uta.edu.ec

Resumen

En este trabajo experimental se realizó la evaluación de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) con el objetivo de determinar si el agua tratada que se descarga al río cumple con la normativa. Para ello se recolectó información de todo el sector en donde está ubicada actualmente la PTAR; se procedió a realizar la recolección de datos de los caudales del afluente y efluente, se realizó el muestreo del agua residual en los puntos de ingreso y salida a la PTAR para el análisis de las características fisicoquímicas que fueron procesadas en un laboratorio. Posteriormente se realizó la comparación con los parámetros de descarga de aguas que establece el TULSMA 2015 donde se pudo verificar que la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) no cumplen con lo establecido en la normativa vigente, por lo que se optó en buscar una propuesta que permitan mejorar los parámetros mencionados. Con los resultados obtenidos se procedió a realizar un análisis según el grado de remoción real para realizar un recalcu de sus propiedades geométricas con el fin de dar un diagnóstico definitivo del estado actual de la PTAR y se comprobó que permiten mejorar el DBO y DQO del agua tratada antes de su descarga final, misma que incluye: cribado, desarenador, tanque INHOFF, filtro percolador, fafa, lecho de secado de lodos y una planta de desinfección. Adicionalmente se implementó un plan de operación y mantenimiento que cumpla eficientemente el propósito para el cual fue diseñada dicha PTAR.

Palabras Clave: *PTAR, Normativa, DBO, DQO, INHOFF, Evaluación, FAFA*

Evaluation of the El Corazón Wastewater Treatment Plant – Pangua Canton, Ecuador.

Abstract

In this experimental work the evaluation of a WWTP was carried out with the aim of determining whether the treated water discharged into the river complies with the regulations, for this purpose information was collected from the entire sector where the WWTP is currently located; data was collected on the influent and effluent flows, wastewater sampling was carried out at the entry and exit points to the WWTP for the analysis of the physical-chemical characteristics that were processed in a laboratory. Subsequently, a comparison was made with the water discharge parameters established by the TULSMA 2015, where it was verified that the Biochemical Oxygen Demand (BOD) and Chemical Oxygen Demand (COD) do not comply with current regulations, so it was decided to seek a proposal to improve the parameters. With the results obtained, we proceeded to carry out an analysis according to the actual degree of removal to recalculate its geometric properties in order to give a definitive diagnosis of the current state of the WWTP and it was found that they allow to improve the BOD and COD of the treated water before its final discharge, which includes: screening, sand trap, INHOFF tank, trickling filter, fafa, sludge drying bed and a disinfection plant. In addition, an operation and maintenance plan were implemented to efficiently fulfil the purpose for which the WWTP was designed.

Keywords: *WWTP, Regulation, BOD, COD, INHOFF, Evaluation, FAFA*

1. Introducción

La Organización de las Naciones Unidas tienen como enfoque el desarrollo sostenible, con el propósito de garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y que todas las personas cuenten con el saneamiento adecuado. La visión es proteger el planeta, que las personas vivan en un área de sostenibilidad medio ambiental, económica y social. Por lo cual se requiere de infraestructuras adecuadas, además, proporcionar instalaciones sanitarias y promover prácticas de higiene (Baque, E. E. L., Cevallos, M. G. M., & Macías, B. A. C. 2024).

En el año 2022, aproximadamente 2200 millones de personas carecen de servicios de agua potable, 3500 millones carecen de servicios de saneamiento y 2000 millones de personas carecen de servicios de higiene básicos. Dentro de los objetivos para el desarrollo sostenible para el 2030 es brindar a todos servicios de saneamiento e higiene adecuados. De ahí la importancia de contar con sistemas de tratamiento adecuados (Moran, M. 2024)

A nivel mundial el manejo de los diferentes tipos de aguas residuales se lo hace de forma incorrecta debido a lo sofisticado y costoso de las redes de distribución y equipos de monitoreo para obtener datos de alta calidad y con ello poder conocer las diversas sustancias tóxicas que se vierten en el ambiente (Toledo, 2002). Todo esto ocasiona una disminución sustancial de la calidad del agua lo que influye en la disminución de la disponibilidad de esta para los usos humanos y también de la vida del planeta.

Ecuador no cuenta con datos específicos y exactos sobre sus sistemas de saneamientos. De acuerdo con la base de datos de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) estima que en América Latina el 13.7% de las aguas servidas están conectadas a redes de alcantarillado con tratamiento. En función de ello la estimación de la situación es preocupante tomando en cuenta que gran número de plantas de tratamiento se encuentran abandonadas o a su vez funcionan precariamente (Jouravlev, 2004).

El tratamiento de aguas residuales, sean de uso doméstico o industriales tiene como objetivo principal eliminar los contaminantes dando cumplimiento con las normativas existentes, Ecuador busca tratar sus aguas residuales mitigando los daños ambientales y con ello mejorar la calidad de vida de sus habitantes. En cuanto a sus aguas residuales provenientes de hospitales, centros de salud y similares requieren de tratamientos específicos debido a los agentes químicos que en estas se producen. El agua proveniente de los hogares e industrias se descargan en el sistema de alcantarillado público para un tratamiento y posterior su vertido en cuencas hidráulicas. Las aguas residuales de zonas hospitalarias, el Ministerio de Salud Pública, Ministerio del Ambiente, entre otros, exigen a los

centros de salud implementar una planta de tratamiento en cada establecimiento (León, J., Godoy, S., & Miguez, R., 2023).

Los indicadores ODS de agua a nivel nacional, saneamiento e higiene en Ecuador En Ecuador de acuerdo con la base de datos de Secretaría Nacional del Agua y ENEMDU 2016, EL 92.2% tienen acceso a una fuente de agua adecuada, el 70.1% cuentan con suministro seguro. En cuanto para los ODM el agua entubada tiene una cobertura de 81.6%. para el saneamiento el 95.5% de los servicios de saneamiento al mejorado y 85.5% de la población poseen instalaciones para lavarse las manos (Indicadores ODS de agua, saneamiento e higiene en Ecuador, 2016).

Las plantas de tratamiento de aguas residuales han sido motivo de estudio en los últimos años, debido a la importancia que estas tienen en la situación ecológica y ambiental. El incremento de población está directamente relacionado con el uso doméstico, agrícola, industrial y pluvial (Rueda, F. V., Guarín, A. F. M., & Pramparo, L. M., 2019).

Las aguas residuales son evacuadas mediante un sistema de redes hacia Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). La falta de tratamiento adecuado genera problemas por la acumulación de sólidos y materia orgánica en las PTAR, lo cual incide en un incremento de operaciones y por ende costo de operaciones, por lo expuesto anteriormente es necesario evaluar el estado de las infraestructuras, su funcionamiento y que cumplan con la normativa legal ambiental (González, M. R. M., & Calero, J. M. G., 2022) y (Echeverría, I., Escalante, C., Saavedra, O., Escalera, R., Heredia, G., & Montoya, R., 2021).

La Planta de Tratamiento de este trabajo de investigación está ubicado en la Parroquia El Corazón. La población de este lugar se dedica principalmente a la agricultura y a la producción de panela, aguardiente, entre otros; los cuales son comercializados a varias provincias del Ecuador. Las actividades diarias generan considerables cantidades de agua residual que contienen contaminantes los cuales afectan a la salud de las personas y el medio ambiente (ACURED, 2021).

Una PTAR debe encontrarse en óptimas condiciones y contar con una infraestructura de calidad y el proceso de tratamiento que en esta se desarrolle debe remover en su totalidad los diversos constituyentes del agua residual ya sea sus componentes físicos, químicos y biológicos. Por lo tanto, si la planta no es capaz de tratar el caudal para el que fue diseñada, puede provocar el colapso de esta y aumentar el índice de contaminación (Eddy, M. A., Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Cajigas, 1995). De ahí la importancia de monitorear y dar mantenimiento a las PTAR y poder garantizar el adecuado tratamiento de las aguas residuales y mejorar la calidad de vida de la población (Reynolds, 2002).

2. Metodología

Las aguas residuales son desechos líquidos y residuos sólidos que son producto de las actividades diarias que provienen de aguas lluvias, industrias, residencias, instituciones (públicas o privadas). Dichos productos son recolectados por diferentes sistemas de alcantarillado que posteriormente se conducen a las PTAR para disminuir su nivel de contaminación o a su vez se descargan en cuerpos de agua locales sin ningún tratamiento. Las aguas residuales tienen varias sustancias tanto físicas, químicas y biológicas que son perjudiciales para los seres vivos y el medio ambiente (Navarro, 2012).

Las aguas residuales en general contienen el 1% de materia sólida en suspensión (SSS) y el 99% está conformada por agua. La materia sólida puede ser de tipo orgánico e inorgánico. El material sólido inorgánico está contenido en un 0.3% (conformado por los siguientes componentes: fósforo, nitrógeno, cloruro, sulfatos y ciertas sustancias tóxicas), en tanto, el material orgánico constituye un 0.7%. Los principales componentes son: desechos orgánicos, microorganismos patógenos, sustancias orgánicas, sustancias inorgánicas, sustancias radioactivas, vegetales, calor y sedimentos. Además, las aguas residuales tienen una composición muy variable debido a los varios factores que lo afectan de cierta forma. Es muy importante hacer la cuantificación de dichos componentes que permita establecer un sistema de tratamiento adecuado para garantizar la calidad del agua tratada que disminuirá el impacto ambiental y el riesgo para la salud en caso de ser reutilizada (Portero, M., and Amat, V., 2017)

Las aguas residuales deben pasar por diferentes procesos para ser óptimas para la descarga en los caudales naturales. El presente proyecto tiene como enfoque realizar la evaluación del funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), donde se lo realizará por medio de los siguientes pasos:

FASE 1: Información del sector

En la investigación de campo hay que identificar de manera visual la localización, los componentes y características propias de la estructura así también como la obtención de datos para la presente investigación se sustenta en visitas de campo a la PTAR.

FASE 2: Recolección de datos de caudales de Afluentes y Efluentes.

Medición de los caudales de entrada y salida para realizar un muestreo de agua residual en los horarios de máxima demanda, así también para determinar las horas pico de los días en los que hay un mayor caudal.

FASE 3: Análisis de laboratorio de las características fisicoquímicas del agua.

Investigación de laboratorio donde se realiza el análisis del tipo de calidad de agua tanto del caudal de entrada como el caudal de salida de la PTAR que permite determinar la composición física, química y biológica para identificar la remoción de contaminantes del agua residual. Se obtienen varios componentes que posee en agua residual como son: DBO₅, DQO, Nitrógeno, Fósforo, aceites y grasas, detergentes, etc.

FASE 4: Análisis general del funcionamiento de la PTAR

Análisis y verificación del funcionamiento donde hay que comparar los análisis obtenidos en laboratorio con la norma TULSMA para descargas a un cuerpo de agua dulce (ríos).

FASE 5: Diagnóstico General de la PTAR

Diagnóstico de la construcción hidráulica existente (PTAR) donde hay que identificar que parte de la estructura no se encuentra funcionando correctamente para plantear un modelo de solución donde permita mejorar los parámetros ambientales y los caudales de descarga que van directamente al cuerpo dulce.

3. Resultados y discusión

FASE 1: Información del sector

El área de estudio para la investigación es la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia El Corazón (Figura 1), ubicada en el cantón Pangua provincia de Cotopaxi. Tiene una extensión de 714,90 km² y cuenta con una población de 22289 habitantes aproximadamente. Pangua está ubicado al Sur Occidente de la provincia de Cotopaxi y tiene un clima cálido y templado con una temperatura media anual de 20°C.



Figura 1: Parroquia “El Corazón”, Pangua- Cotopaxi.

La parroquia de El Corazón en el sector urbano cuenta con agua para alrededor de 1436 habitantes que, según estadísticas municipales, el 24% de la parroquia dispone de servicios de alcantarillado que son conducidas hacia las

plantas de tratamiento de aguas residuales para descargas de agua residual domésticas y el 76% utiliza letrinas o cualquier otro tipo de disposición. La planta de tratamiento de aguas residuales se encuentra ubicada exactamente aguas abajo de la parroquia, actualmente dicha planta se encuentra en funcionamiento y fue puesta en operación en el año 2014.

La PTAR mencionada cuenta con diversos procesos unitarios para el tratamiento de las aguas residuales en lo que consta: Rejilla de entrada, Desarenador, Tanque Imhoff, Filtro percolador y un lecho de secado de lodos, dichos componentes de la planta de tratamiento se encuentran en un predio con un área aproximada de 600m² (Figura 2).



Figura 2: Planta de Tratamiento de Aguas Residuales “El Corazón”

FASE 2: Recolección de datos de caudales de Afluentes y Efluentes.

Para la recolección de información se tomaron mediciones de los caudales al ingreso y a la salida de la PTAR, las mediciones se realizaron en diferentes intervalos de tiempo (Figura 3Figura 5Figura 6) .



Figura 3: Toma de muestra para la medición de caudales en la PTAR

FASE 3: Análisis de laboratorio de las características fisicoquímicas del agua.

Se realizaron muestreos en dos puntos, a la entrada y a la salida de la planta de tratamiento, según las indicaciones establecidas por la norma NTE INEN 2 176:1998 y NTE INEN 2 169:1998. El muestreo se lo realizó manualmente a la entrada de la PTAR (afluente) y en la salida de la planta (efluente) (Figura 4).



Figura 4: Obtención de muestras en la PTAR

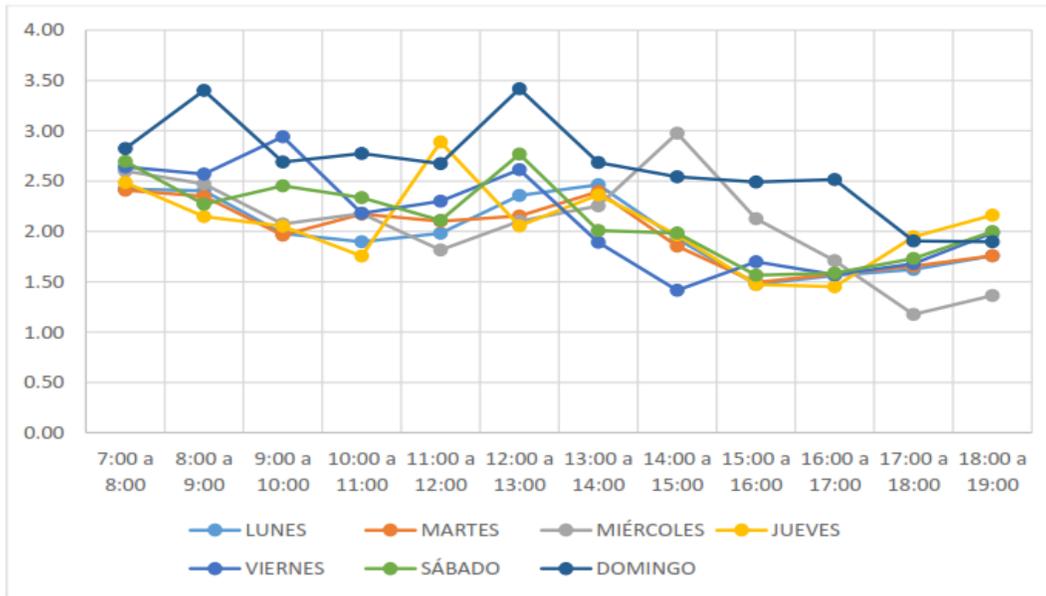


Figura 5: Compartamiento de caudales de ingreso al TPAR (L/s)

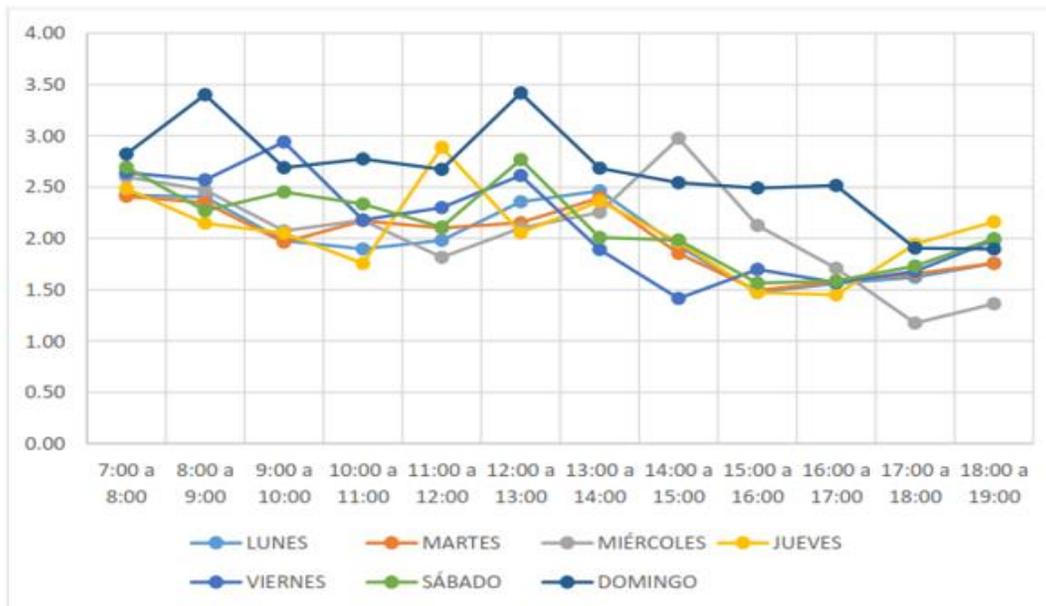


Figura 6: Compartamiento de caudales de salida al TPAR (L/s)

FASE 4: Análisis general del funcionamiento de la PTAR

La PTAR analizada cuenta actualmente con varios procesos en los que se aprecia de manera general el estado físico de cada una de estas de acuerdo como se indica en la Figura 3. La planta de tratamiento actual cuenta con los siguientes procesos: reja de entrada, desarenador, tanque imhoff, filtro percolador y un lecho de secado de lodos (Figura 7).

FASE 5: Diagnóstico General de la PTAR

En base al análisis general del funcionamiento de la PTAR de cada uno de sus elementos, se evidencia que la planta de tratamiento a pesar de tener un mantenimiento periódico presenta problemas para tratar el caudal que a esta llega. Además la planta de tratamiento no se encuentra en buenas condiciones estructurales y funcionales aparentemente debido a errores en el proceso de construcción.

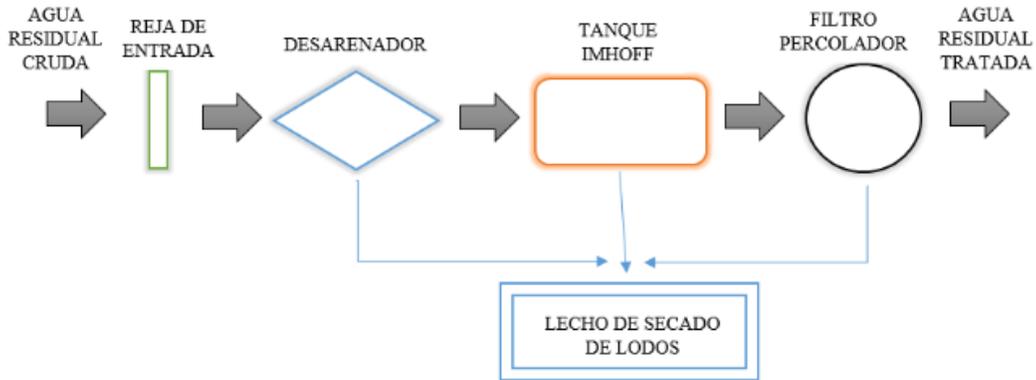


Figura 7: Proceso de tratamiento actual de la PTAR de la Parroquia El Corazón.

Comparación y análisis de resultados con la normativa ambiental TULSMA 2015

Las muestras tomadas se las realizó según las indicaciones establecidas por la norma NTE INEN 2 176 y NTE INEN 2 169. Posteriormente se enviaron las muestras al laboratorio de servicios ambientales ALS Global en la ciudad de Quito y realizar los respectivos análisis fisicoquímicos del agua residual cruda y tratada.

La planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia El Corazón está conformada por las siguientes operaciones y procesos unitarios: Reja de entrada, Desarenador, Tanque Imhoff, Filtro percolador, Lecho de secado de lodos. Dichos procedimientos tienen una remoción teórica de carga contaminante que se muestra en la Tabla 1, mismos que serán utilizados para el análisis de los posteriores resultados.

Tabla 1: Grado de remoción teórica de contaminantes por procesos unitarios.

UNIDADES DE TRATAMIENTO	RENDIMIENTO DE ELIMINACIÓN DEL CONSTITUYENTE, PORCENTAJE					
	DBO	DQO	SS	Pb	N-Org c	NH3-N
Rejas de barra	0	0	0	0	0	0
Desarenadores	0-5	0-5	0-10	0	0	0
Sedimentación primaria	30-40	30-40	50-65	10-20	10-20	0
Filtros percoladores						
Alta carga, medio pétreo	65-80	60-80	60-85	8-12	15-50	8-15
Total remoción teórica	99.05	97.15	98.65	34	75	27.75

Los diferentes resultados obtenidos en los análisis realizados fueron comparados con los parámetros para descargas de agua residual en un cuerpo de agua dulce procedente del TULSMA 2015, con la finalidad de verificar los resultados con la normativa vigente.

En la Tabla 2, tenemos los resultados de la comparación de cada parámetro con la normativa ambiental vigente

(TULSMA 2015), a través del análisis de laboratorio se determinó que la mayoría de los parámetros cumplen a excepción de la DQO (Demanda Química de Oxígeno) y DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno, estas presentan niveles relativamente altos al límite permisible en la salida de la PTAR.

Tabla 2: Comparación de los resultados del análisis de laboratorio con la normativa (Muestra 1 y 2 a la entrada y salida de la PTAR).

PARÁMETRO	U	MÉTODO	ENTRADA	SALIDA	TULSMA LÍMITE MÁX.	CUMPLE
Fósforo Total	mg/l	Standard Methods Ed. 23,2017,4500P-B y 4500 P-C	3,77	2,78	10	SI
Sólidos Suspendidos	mg/l	Standard Methods Ed. 23,2017,2540A y 2540 D	150,0	70,0	130	SI
Nitrógeno Total	mg/l	Standard Methods Ed. 23,2017,4500-Nag C	74,13	39,06	50	SI
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	Standard Methods Ed. 23,2017,4500-NH3F	59,65	21,70	30	SI
DQO	mg/l	Standard Methods Ed. 23,2017,5220A y 5220D	542,0	301,3	200	NO
DBO 5	mg/l	Standard Methods Ed. 23,2017,5210B	223,28	131,98	100	NO

Tabla 3: Remoción real de contaminantes (Muestra 1 y 2).

PARÁMETRO	U	ENTRADA	SALIDA	REMOCIÓN REAL (%)
Fósforo Total	mg/l	3.77	2.78	26%
Sólidos Suspendidos	mg/l	150	70	53%
Nitrógeno Total	mg/l	74.13	39.06	47%
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	59.65	21.7	64%
DQO	mg/l	542	301.3	44%
DBO 5	mg/l	223.28	131.98	41%

Tabla 4: Remoción teórica de contaminantes (Muestra 1 y 2).

PARÁMETRO	U	ENTRADA	SALIDA	REMOCIÓN TEÓRICA (%)
Fósforo Total	mg/l	3.77	2.48	34%
Sólidos Suspendidos	mg/l	150	1.5	99%
Nitrógeno Total	mg/l	74.13	18.5	75%
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	59.65	43.5	27%
DQO	mg/l	542	15.23	97%
DBO 5	mg/l	223.28	2.18	99%

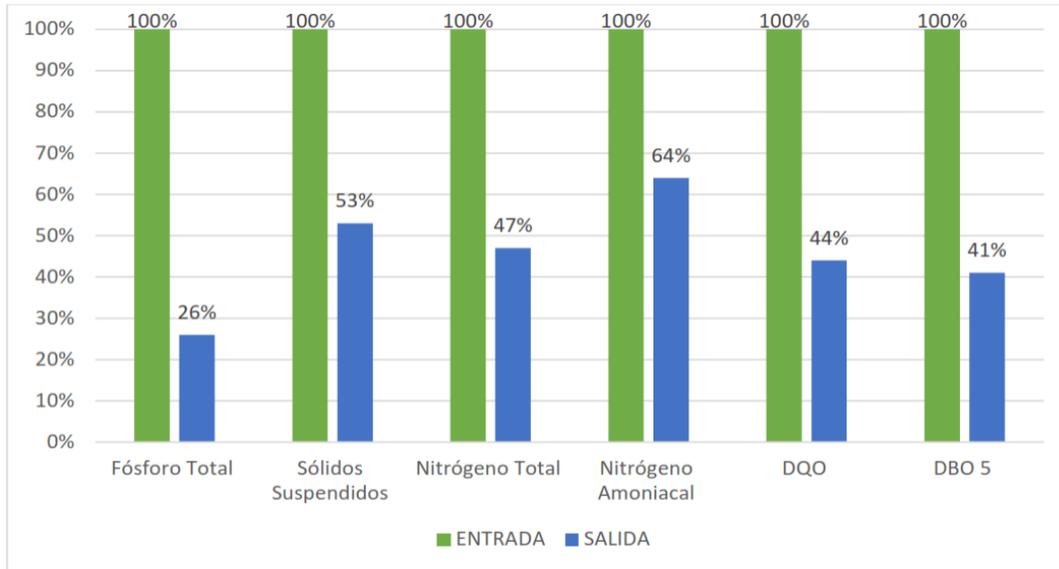


Figura 8: Esquema de remoción real de contaminantes (Muestra 1 y 2).

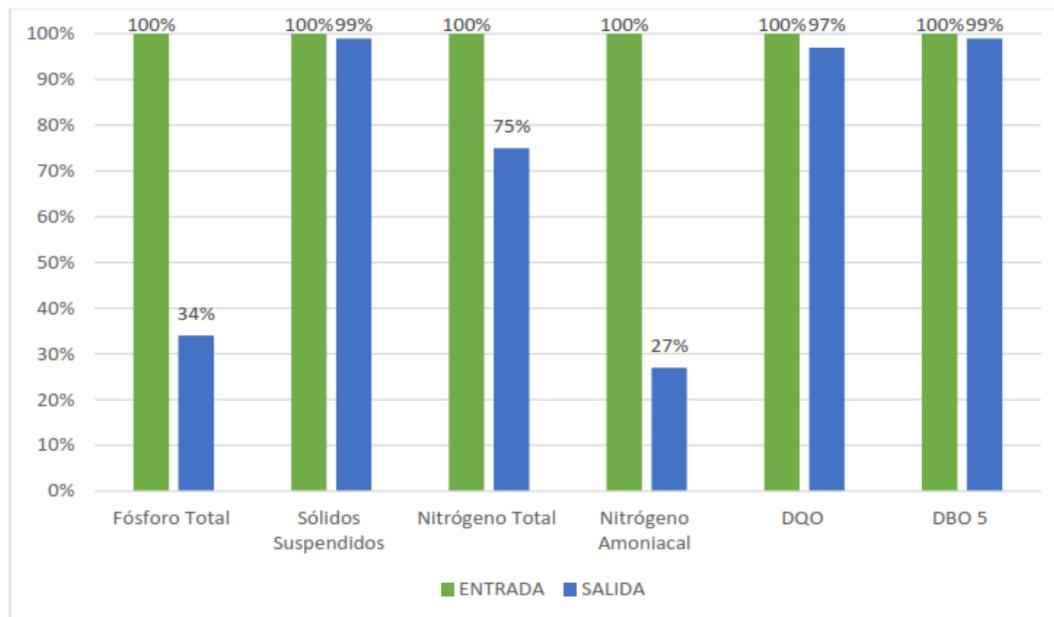


Figura 9: Esquema de remoción teórica de contaminantes (Muestra 1 y 2).

Del análisis realizado de los resultados obtenidos se concluye que el funcionamiento integral de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia El Corazón se encuentra operando de forma parcial, por lo que es necesario realizar una evaluación mucho más profunda del funcionamiento de cada obra hidráulica que conforman la PTAR.

Para el diagnóstico de la PTAR se ha considerado las dimensiones de cada una de las unidades de tratamiento, así

como también las condiciones del agua residual cruda y tratada para realizar la verificación del estado en la que se encuentra actualmente. Para ello se hizo el levantamiento de las propiedades geométricas actuales de cada elemento hidráulico, su ubicación de acuerdo como se indica en la Figura 7.

Mediante una evaluación actual de parámetros, cálculos y diseños de los elementos de la PTAR, se concluye que la PTAR remueve los diferentes contaminantes que presenta el

agua residual sin tratar, pero esta no se encuentra funcionando de forma correcta, debido a que los elementos no se encuentran dimensionados y operando adecuadamente, son incapaces de cumplir con su función principal para remover la carga contaminante y cumplir con el límite de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Es importante que en la PTAR de la parroquia El Corazón se implemente un sistema estricto para el cribado del agua residual (para los sólidos gruesos y plásticos) y con ello proteger los siguientes procesos del tratamiento, también es

necesario incorporar un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) para disminuir la DBO y DQO.

Debido al incumplimiento con la normativa TULSMA 2015 para descarga de aguas tratadas a un cuerpo de agua dulce, se determinó la implementación obligatoria de un sistema de desinfección del agua tratada antes de su descarga final de forma que se evite el incumplimiento con la norma y garantizar un buen tratamiento para futuros procesos. Se establece un esquema para el correcto funcionamiento de la planta.

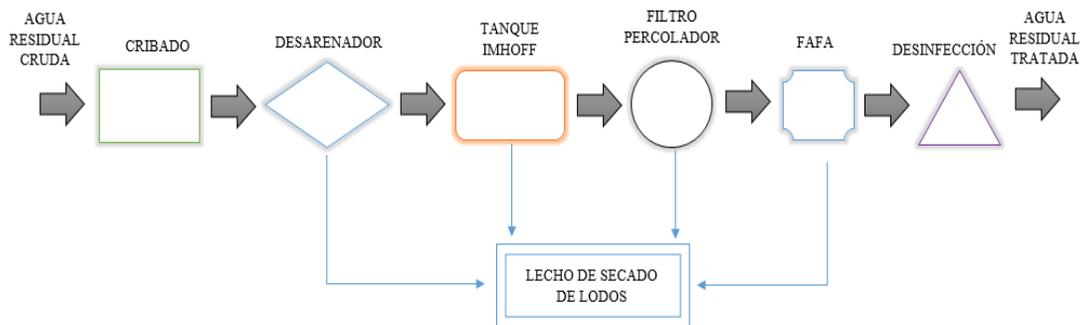


Figura 10: Esquema para el correcto proceso de tratamiento

4. Conclusiones

Se evaluó el proceso de tratamiento donde se compararon los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio realizados en los que se analizaron cinco componentes principales, dándonos como resultados que la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en la salida a la PTAR, no cumplen con el límite máximo aceptable de descarga que estipula la normativa actual TULSMA 2015.

En base a la remoción real y teórica de los contaminantes a la entrada y salida de la planta de tratamiento de aguas residuales de la parroquia El Corazón, se sugiere un nuevo proceso de tratamiento que permitan mejorar los parámetros analizados y por ende cumplir con las normativas ambientales vigentes, dicho proceso de tratamiento consta con: una criba, un tanque Imhoff, un filtro percolador, un filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA), un lecho de secado de lodos y un sistema estricto de desinfección para el agua tratada antes de su descarga final al cuerpo dulce.

Referencias

- ACURED. (2021). Cantón Pangua – Ecuador. <https://sites.google.com/site/provinciadecotopaxil/canton-pangua>.
- Baque, E. E. L., Cevallos, M. G. M., & Macías, B. A. C. (2024). Agua limpia y saneamiento, un vistazo al cumplimiento del objetivo de desarrollo Sostenible 6 en Jipijapa. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria PENTACIENCIAS*, 5(7), 400-409. <https://doi.org/10.59169/pentaciencias.v5i7.965>
- Eddy, M. A., Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Cajigas, A. (1995). *Ingeniería de aguas residuales: tratamiento, vertido y reutilización*. ISBN: 978-84-481-1727-6
- Echeverría, I., Escalante, C., Saavedra, O., Escalera, R., Heredia, G., & Montoya, R. (2021). Evaluación de una planta de tratamiento de aguas residuales municipales basada en lagunas de estabilización acopladas a un reactor anaerobio compartimentado. *Investigación & Desarrollo*, 21(1). <https://doi.org/10.23881/idupbo.021.1-3i>
- González, M. R. M., & Calero, J. M. G. (2022). Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales del cantón Jipijapa, Manabí. *MQRInvestigar*, 6(4), 925–943. <https://doi.org/10.56048/mqr20225.6.4.2022.925-943>
- Indicadores ODS de agua, saneamiento e higiene en Ecuador. (2016). https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/Diagnostico_ASH_pobreza_IN_EC_BM.pdf

- Jouravlev, M. (2004). Recursos Naturales e Infraestructura, Los Serv. agua potable y Saneam. en el umbral del siglo XXI, vol. 74.
- León, J., Godoy, S., & Miguez, R., (2023, 23 de junio). Vista de Evaluación de la calidad de las aguas residuales hospitalarias y diseño de una planta de tratamiento para un Hospital General. *Imaginario Social*. <https://revista-imaginariosocial.com/index.php/es/article/view/130/260>
- Reynolds, A. (2002). Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamérica, *Identificación Probl.*, no. Agua Latinoamérica
- Moran, M. (2024, 26 enero). Agua y saneamiento - Desarrollo Sostenible. *Desarrollo Sostenible*. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Navarro, S., (2012). Aguas residuales y agua potable. *Introducción a la ingeniería civil*.
- Rojas, R. (2002). Gestión integral de tratamiento de aguas residuales, *Sistemas de tratamiento de Aguas Residuales*. <http://docplayer.es/11882686-Conferencia-sistemas-de-tratamiento-de-aguas-residuales.html>.
- Rueda, F. V., Guarín, A. F. M., & Pramparo, L. M. (2019). Evaluación de un sistema de tratamiento de aguas residuales no domésticas para la remoción de carga orgánica en industria de bebidas no alcohólicas. *Entre Ciencia E Ingeniería/Entre Ciencia E Ingeniería*, 13(26), 17–26. <https://doi.org/10.31908/19098367.1150>
- Portero, M. and Amat, V. (2017). Evaluación de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Babahoyo, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Toledo, A. (2002). El agua en México y el mundo. *Gag. Ecológica*, vol. 64.
- TULSMA, (2015). *Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: RECURSO AGUA*. Quito.

Contribución de los autores (CRediT)

Conceptualización, Análisis formal de datos, Investigación, Metodología, Recursos materiales, Redacción-borrador original, Redacción-revisión y edición: J.P.P., L.L.L, A.Y.I., C.N.P. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de intereses

Los autores han declarado que no existe conflicto de intereses en esta obra.



Derechos de autor 2024. Revista Científica FINIBUS - ISSN: 2737-6451.

Esta obra está bajo una licencia: Internacional Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0