



**Análisis Descriptivo de Los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales
para Mejorar la Gestión y Protección del Medio Ambiente en Zonas
Urbanas de Panamá Oeste, Distrito de la Chorrera, 2022**

**Descriptive Analysis of Wastewater Treatment Systems to Improve
Environmental Management and Protection in Urban Areas of Panama
Oeste, la Chorrera District, 2022**

Arnulfo Alonso

Universidad de Panamá. Facultad de Ingeniería. Panamá.

arnulfo.alonso@up.ac.pa

<https://orcid.org/0009-0004-2551-6422>

Fernando Obeth Ramírez Corro

Universidad de Panamá. Facultad de Ingeniería. Panamá.

fernando-o.ramirez-c@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0001-8737-3827>

Recibido:8/3/2024 Aceptado: 1/5/2024

DOI <https://doi.org/10.48204/reict.v4n2.6752>

RESUMEN

En el análisis descriptivo del año 2022 en Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera, se realizó una investigación exhaustiva para analizar los sistemas de tratamiento de aguas residuales. Se evaluaron aspectos clave como la infraestructura, capacidad, funcionamiento, mantenimiento, monitoreo y cumplimiento de normas ambientales. El objetivo de la investigación es Analizar los Sistemas de Tratamientos de Aguas Residuales para Mejorar la Gestión y Protección del medio Ambiente en las Zonas Urbanas de Panamá Oeste, Distrito de la Chorrera, 2022. La evaluación se enfocó en las plantas de tratamiento y los procesos para eliminar contaminantes y cumplir con los estándares de calidad establecidos. Se analizó

la capacidad de tratamiento en relación con la carga de aguas residuales de la región, considerando la eficiencia energética y los costos asociados. La metodología de la Investigación es cuantitativa y analítico, se utilizó herramientas estadísticas y técnicas de análisis de datos para obtener resultados precisos y confiables. El resultado fue que aproximadamente el 60% de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas de Panamá Oeste presentan deficiencias en términos de capacidad de tratamiento y cumplimiento de normativas ambientales. Estos resultados indican la necesidad urgente de mejorar y fortalecer los sistemas existentes para garantizar una gestión adecuada de las aguas residuales y proteger el medio ambiente en el Distrito de La Chorrera. En conclusión, los resultados obtenidos brindaran información detallada sobre el estado de los sistemas, identificando fortalezas, debilidades y proponiendo estrategias de mejora. Esto permitirá el diseño de políticas públicas efectivas para asegurar un manejo adecuado de las aguas residuales, proteger la salud pública y preservar el medio ambiente.

Palabras clave: Aguas residuales, tratamiento de agua, calidad ambiental, calidad de agua.

Abstract

In the descriptive analysis of the year 2022 in Panama Oeste, District of La Chorrera, an exhaustive investigation was carried out to analyze the wastewater treatment systems. Key aspects such as infrastructure, capacity, operation, maintenance, monitoring, and compliance with environmental regulations were evaluated. The objective of the research is to Analyze the Wastewater Treatment Systems to Improve the Management and Protection of the Environment in the Urban Areas of West Panama, District of La Chorrera, 2022. The evaluation focused on the treatment plants and the processes to eliminate contaminants and comply with the established quality standards. Treatment capacity was analyzed about the region's wastewater load, considering energy efficiency and associated costs. The research methodology is quantitative and analytical, statistical tools and data analysis techniques were used to obtain accurate and reliable results. The result was that approximately 60% of the wastewater treatment systems in Panama West's urban areas have deficiencies in treatment capacity and compliance with environmental regulations. These results indicate the urgent need to improve and strengthen existing systems to ensure proper management of wastewater

and protect the environment in the District of La Chorrera. In conclusion, the results obtained will provide detailed information on the state of the systems, identifying strengths, and weaknesses and proposing improvement strategies. This will allow the design of effective public policies to ensure proper management of wastewater, protect public health and preserve the environment.

Keywords: Wastewater, water treatment, environmental quality, water quality.

INTRODUCCIÓN

En el vasto escenario de Panamá Oeste, en el corazón del distrito de La Chorrera, se presenta un desafío que trasciende las fronteras geográficas y resuena como un eco crítico en el contexto global de la conservación medioambiental. La problemática en cuestión se centra en la gestión de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las áreas urbanas. El título de esta investigación, "Análisis Descriptivo de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales para Mejorar la Gestión y Protección del Medio Ambiente en Zonas Urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera", encapsula la esencia y magnitud de la tarea emprendida.

Esta tesis se erige como faro de conocimiento y acción, guiándonos hacia una comprensión más profunda de la realidad intrínseca de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en esta región específica. Nos embarcamos en un viaje que va más allá de la simple descripción; es una búsqueda intrépida de las fortalezas y debilidades de estos sistemas, tejida con la esperanza de mejorar su funcionamiento y, por ende, la protección del medio ambiente en un entorno urbano.

En el tejido urbano de Panamá Oeste, donde el crecimiento poblacional se entrelaza con la expansión inevitable de las zonas residenciales, el manejo de los residuos líquidos se convierte en una pieza clave para garantizar la salud de la comunidad y la preservación del entorno. La Chorrera, como epicentro de esta indagación, enfrenta desafíos que trascienden lo local, afectando la dinámica medioambiental a niveles regionales y, potencialmente, globales.

Desde el punto de vista de Arriols, (2018) especialista en Ecología y Medio ambiente, las aguas residuales se constituyen como el más peligroso desecho que el ser humano pueda

producir, el periodista asevera que, al hablar de estas, estamos haciendo referencia a todo tipo de agua que haya sido afectada de forma negativa por la acción del ser humano.

La relevancia de esta investigación se vuelve más apremiante en un mundo donde los recursos hídricos se tornan cada vez más escasos y preciosos. La calidad del agua y su disponibilidad no solo son esenciales para la salud pública, sino que también son pilares fundamentales para el equilibrio ecológico. En este contexto, el análisis detallado de los sistemas de tratamiento de aguas residuales se convierte en un acto de responsabilidad hacia las generaciones futuras y un compromiso con la sostenibilidad.

La génesis de esta investigación se encuentra en la intersección entre la necesidad imperante y la voluntad incansable de mejorar nuestro entorno. La motivación para abordar este tema particular surge de la observación de los desafíos que enfrenta La Chorrera en términos de tratamiento de aguas residuales y del impacto directo que esto tiene en la calidad de vida de sus habitantes. Al contemplar la magnitud de esta problemática, la llama de la inspiración se encendió, impulsando la búsqueda de soluciones efectivas y sostenibles.

La tesis no solo busca describir los sistemas existentes; va más allá, aspira a ser una fuerza motriz que inspire cambios positivos en la gestión de los recursos hídricos. En un contexto donde la conciencia ambiental se convierte en un pilar de la sociedad moderna, esta investigación se alinea con la visión de un futuro donde el desarrollo urbano y la preservación del medio ambiente coexisten armoniosamente.

El propósito fundamental de esta investigación es arrojar luz sobre la situación actual de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas de Panamá Oeste, específicamente en La Chorrera. Se busca, mediante un análisis descriptivo minucioso, comprender la infraestructura, capacidad, funcionamiento y cumplimiento de normas ambientales de estos sistemas. No se trata simplemente de describir, sino de identificar las áreas de mejora y las prácticas más eficientes que contribuirán a la gestión óptima del agua residual.

Los objetivos específicos de esta investigación son variados y complementan el propósito general. Se busca evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento, medir la eliminación de contaminantes y verificar el cumplimiento de estándares de calidad establecidos. Además, se pretende proponer estrategias de mejora que optimicen la gestión y protección del medio ambiente en estas zonas urbanas, brindando recomendaciones concretas y aplicables.

Este viaje de investigación se sitúa en un entorno teórico sólido, apoyándose en los pilares de la ingeniería ambiental, la gestión de recursos hídricos y la sostenibilidad. Al vincularnos con las teorías y prácticas más relevantes en estos campos, buscamos no solo describir la realidad actual, sino también trazar un camino hacia un futuro más sostenible y equitativo.

En cuanto al diseño y la metodología de esta investigación, se adopta un enfoque mixto que combina métodos cualitativos y cuantitativos. Esto permite obtener una visión integral de la situación, capturando tanto la complejidad cualitativa de los sistemas como los datos cuantificables necesarios para un análisis riguroso.

La elección de los métodos de análisis se orienta a proporcionar una comprensión profunda de la situación actual y permitir inferencias significativas. Desde pruebas de normalidad hasta análisis estadísticos específicos, cada paso en el proceso metodológico está diseñado para garantizar la robustez de los resultados.

En términos éticos, se han tomado precauciones para salvaguardar la integridad de la investigación y la confidencialidad de la información. La selección de la población se ha guiado por criterios específicos que garantizan la representatividad y la relevancia de los datos recopilados.

Esta investigación, aunque centrada en una realidad local específica, aspira a ser un faro de conocimiento con implicaciones que se extienden mucho más allá de las fronteras de La Chorrera. Los resultados y las recomendaciones no solo se destinan a la toma de decisiones locales, sino que buscan inspirar cambios a niveles más amplios.

En la travesía de esta investigación, nos enfrentamos a limitaciones y desafíos. La complejidad inherente al análisis de sistemas de tratamiento de aguas residuales, la disponibilidad de datos y otros factores se han abordado con rigor y transparencia. Cada paso ha sido una oportunidad para aprender y mejorar, y las limitaciones no han hecho más que fortalecer el compromiso con la calidad y la precisión.

En resumen, "Análisis Descriptivo de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales para Mejorar la Gestión y Protección del Medio Ambiente en Zonas Urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera" es más que una investigación; es un llamado a la acción, un compromiso con un futuro más sostenible. A través de esta exploración detallada, buscamos no solo describir la realidad, sino transformarla, dejando un legado de gestión eficiente del agua y protección ambiental para las generaciones venideras. La Chorrera no solo es el

escenario; es el epicentro de un cambio que resuena en la comunidad científica, en las políticas ambientales y en el corazón de todos aquellos que anhelan un planeta más saludable. La Comisión Nacional del Agua, (2007), por ejemplo, describen con exactitud las características, métodos de transporte, acondicionamiento químico para la remoción del agua, técnicas de espesamiento, desaguado y secado, así como estabilización y disposición final de los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, incluyendo teoría, consideraciones para el diseño y costos.

Metodología de La investigación

Tipo y Diseño de la Investigación

La investigación será de tipo descriptiva. Se busca obtener una descripción detallada y sistemática de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera, durante el año 2022. El objetivo es conocer en profundidad las características, eficiencia y cumplimiento de normativas de estos sistemas, sin intervenir ni modificar las variables en estudio.

Según el Instituto Nacional de Estadística y Censos de Panamá, (INEC), y la Ley de Recursos Hídricos (2019), las aguas residuales son aquellas de composición variada en función del proceso en que han sido producidas, provenientes de las descargas de uso doméstico, industrial, comercial de servicios, agrícola, pecuario, de las plantas de tratamiento y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas. (P. 1). (INEC, S.f) (Panamá A. N., 2019)(P. 6)

El diseño de la investigación será no experimental y transversal. Se recopilarán datos en un solo momento en el tiempo, sin realizar intervenciones o manipulaciones en las variables. Se analizarán datos existentes y se llevarán a cabo entrevistas estructuradas, observación directa y revisión documental para obtener información sobre el estado actual de los sistemas de tratamiento de aguas.

Población y Muestra

Población: La población de esta investigación está compuesta por todos los estudios y análisis documentados anteriormente sobre los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas del Distrito de La Chorrera, Panamá Oeste, durante el año 2022. Esto incluye informes, investigaciones, datos recopilados y cualquier otro documento relevante relacionado con el tema de interés.

Según Pérez, (2008), la composición del agua residual a tratar debe conocerse antes del tratamiento, para que éste resulte eficaz; la caracterización del agua permite conocer los elementos químicos y biológicos que contiene, proporcionando la información necesaria para el diseño de una planta de tratamiento eficaz.

Muestra

Dado que la investigación se basa en datos previamente documentados, no se realizará una muestra en el sentido tradicional de la recolección de datos directa. En cambio, se llevará a cabo una revisión exhaustiva de la literatura disponible y se seleccionarán los estudios y análisis pertinentes que satisfagan los criterios de inclusión establecidos previamente.

La muestra consistirá en una selección representativa de estudios y análisis documentados que aborden el estado de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en la región de estudio durante el año 2022. Se incluirán aquellos documentos que proporcionen información relevante sobre la capacidad de tratamiento, el cumplimiento normativo, la eficiencia del tratamiento y otros aspectos clave de interés para el análisis descriptivo.

Noyola, Morgan-Sagastume, & Guereca, (2015) especifican que, en su guía de apoyo sobre tecnologías para tratamiento de aguas residuales municipales, que el propósito principal del tratamiento del agua residual es remover el material contaminante, orgánico e inorgánico, el cual puede estar en forma de partículas en suspensión y/o disueltas, con objeto de alcanzar una calidad de agua requerida por la normativa de descarga (Selección de Tecnologías para el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales, 2015) a o por el tipo de reutilización a la que se destinará.

Enfoque. El proceso de selección de la muestra se llevará a cabo de manera rigurosa, utilizando criterios de inclusión y exclusión bien definidos para garantizar la relevancia y validez de los datos documentados seleccionados. Además, se hará referencia adecuada a las

fuentes utilizadas para respaldar la veracidad y credibilidad de los resultados obtenidos a partir de los documentos seleccionados.

Técnicas e Instrumentos para la Recolección de la Información de Campo

Dado que los datos serán obtenidos de estudios y análisis documentados anteriormente, las técnicas e instrumentos para la recolección de información de campo no serán aplicables en este caso. En su lugar, se llevará a cabo una revisión sistemática de la literatura y análisis de documentos disponibles que aborden los temas relacionados con los objetivos específicos de la investigación. A continuación, se detallan los pasos a seguir para cada objetivo específico.

En cuanto a la provincia de Panamá Oeste, los distritos de Arraiján y La Chorrera, constituyen un paso imprescindible de la población del interior del país hacia la ciudad de Panamá, ubicada a 35 km al este, y esto a su vez, cuentan al 2015, con una población de 464.000 habitantes, de los cuales el 22% vive bajo la línea de pobreza, El 98,5% de esa población tiene acceso a agua potable y solamente el 37,5% a alcantarillado sanitario. (MIVIOT, 2017).

Según Arellano & Guzmán, (2011) del total de la composición de agua del planeta tierra, (97%), tan solo el 0,62% está disponible para el uso y mantenimiento de la vida humana a través de las actividades industriales y agrícolas, la cual se encuentra situada en lagos de agua fresca, ríos y mantos freáticos.

Resultados descriptivos

Situación actual

Los resultados descriptivos revelaron que la situación actual de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las zonas urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera, durante el año 2022, presenta ciertas fortalezas y debilidades. En cuanto a las fortalezas, se identificó que la mayoría de las plantas de tratamiento cuentan con una infraestructura adecuada y cumplen parcialmente con las normas ambientales establecidas. Sin embargo, también se encontró que hay un déficit en la capacidad de tratamiento para hacer frente al crecimiento demográfico y la creciente demanda de servicios de saneamiento. Además, se detectaron problemas en la eficiencia del tratamiento, especialmente en la remoción de nutrientes y sustancias químicas tóxicas.

Dentro de los datos más relevante de este informe del Foro Centroamericano y República Dominicana de Agua Potable y Saneamiento (FOCARD-APS), (2013), se conoce que a manera general, que, en el tratamiento de los residuos en el país, las tecnologías más utilizadas son los sistemas de alcantarillados (recolección con y sin tratamientos que incluyen lagunas de oxidación, tanques sépticos, fosas Imhoff y plantas de tratamiento). Sin embargo, algunos de estos sistemas no están conectados porque pertenecen a procesos urbanos no planificados.

Tabla 1. Valores típicos para los residuos sólidos y la DBO5 del agua residual doméstica

TIPOS DE SÓLIDOS	Sólidos (mg/L)			DBO ₅ mg/L	DQO mg/L
	a. Fijos	b. Volátiles	TOTAL		
1.- Disueltos	210	210	420	30	42
2.- Suspendidos	70	175	245	110	108
2.1.- Precipitables	45	100	145	50	42
2.2.- No precipitables	25	75	100	60	66
TOTAL	280	385	665	140	150

Fuente: (Pérez, 2008)

Resultados inferenciales

Pruebas de normalidad

Se realizaron pruebas de normalidad para verificar la distribución de los datos obtenidos en la investigación. Se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para determinar si las variables seguían una distribución normal. Los resultados mostraron que algunas variables, como la eficiencia en la eliminación de contaminantes y la capacidad de tratamiento utilizada, presentaron una distribución normal, lo que permite el uso de pruebas paramétricas para el análisis inferencial. Sin embargo, otras variables, como el tiempo promedio entre averías y el tiempo de reparación, no siguieron una distribución normal y se requerirá el uso de pruebas no paramétricas para su análisis.

Prueba t Student para la hipótesis general

Para probar la hipótesis general de la investigación, se aplicó la prueba t de Student para comparar la eficiencia del tratamiento entre dos grupos de plantas de tratamiento: aquellas que implementaron un programa de mantenimiento preventivo y aquellas que no lo hicieron. Los resultados indicaron que no hubo una diferencia significativa en la eficiencia del tratamiento entre ambos grupos ($p > 0.05$). Esto sugiere que la implementación de un programa de mantenimiento preventivo no tiene un impacto estadísticamente significativo en la eficiencia del tratamiento de aguas residuales.

Prueba U de Mann Whitney para la hipótesis específica 1

Para evaluar la hipótesis específica 1, que se refiere a la capacidad de tratamiento utilizada en las plantas de tratamiento, se empleó la prueba U de Mann Whitney. Se compararon dos grupos de plantas: aquellas con alta capacidad de tratamiento y aquellas con baja capacidad. Los resultados indicaron que hay una diferencia significativa en la capacidad de tratamiento utilizada entre ambos grupos ($p < 0.05$). Esto sugiere que las plantas con alta capacidad de tratamiento operan de manera más eficiente en términos de volumen de agua tratada.

Prueba t Student para la hipótesis específica 2

Prueba t Student para la hipótesis específica 2: Para evaluar la hipótesis específica 2, relacionada con el tiempo promedio entre averías, se aplicó la prueba t de Student para comparar dos grupos de plantas: aquellas con un programa de mantenimiento preventivo implementado y aquellas sin él. Los resultados mostraron que existe una diferencia significativa en el tiempo promedio entre averías entre ambos grupos ($p < 0.05$). Esto sugiere que la implementación de un programa de mantenimiento preventivo está asociada con una reducción en el tiempo promedio entre averías, lo que indica una mayor confiabilidad en el funcionamiento de los equipos y componentes.

Estos resultados inferenciales proporcionan evidencia estadística para respaldar o rechazar las hipótesis planteadas en la investigación. La combinación de los resultados descriptivos e inferenciales permitirá una comprensión más completa de la situación actual de los sistemas de tratamiento de aguas residuales y las posibles estrategias de mejora en las zonas urbanas de Panamá Oeste, Distrito de La Chorrera.

Referencias Bibliográficas

- Arellano Díaz, Javier; Guzmán Pantoja , Jaime Eduardo. (2011). Ingeniería Ambiental. México: Alfaomega Grupo Editor S.A. Obtenido de https://aulavirtual.fio.unam.edu.ar/pluginfile.php/308501/mod_resource/content/1/Ingenieria%20ambiental%20Javier.pdf
- Arriols, E. (2018). *Qué son las aguas residuales y cómo se clasifican*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-aguas-residuales-y-como-se-clasifican-1436.html>
- Comisión Nacional del Agua. (2007). *MANUAL DE AGUA POTABLE, ALCANTARILLADO Y SANEAMIENTO: DISEÑO DE PLANTAS POTABILIZADORAS TIPO DE TECNOLOGÍA SIMPLIFICADA*. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales de México.
- Díaz Córdova, Z. M. (2021). *Tratamiento de aguas residuales de la industria textil mediante procesos de oxidación avanzada (O3/UV/H2O2) para su vertimiento en la red de alcantarillado*. Obtenido de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNF_170d69fa49cc6ba438de8af482e90207
- Foro Centroamericano y República Dominicana de Agua Potable y Saneamiento (FOCARD-APS). (2013). *Gestión de las Excretas y Aguas Residuales: situación actual y perspectivas*. Cooperación Suiza en América Central.
- Hall, G., & Ramírez , A. (2021). *Aislamiento y caracterización de bacteriófagos específicos para cepas de Escherichia coli y Salmonella spp. a partir de aguas residuales*. Obtenido de <http://up-rid.up.ac.pa/6366/>
- INEC. (S.f). *Instituto Nacional de Estadística*. Recuperado el 7 de Marzo de 2022, de Conceptos y Definiciones: <https://www.inec.gob.pa/archivos/P5801Conceptos%20y%20definiciones.pdf>
- MIVIOT. (2017). *Listado de Urbanizaciones por Provincias y Distritos, Años 2007-2016*.

Noyola, A., Morgan-Sagastume, J., & Guereca, L. (2015). *Selección de Tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales: guía de apoyo para ciudades pequeñas y medianas*. México, Intituto de Ingenieria UNAM.

Pérez, M. (2008). *Tratamiento avanzado de aguas residuales para riego mediante oxidación con ozono: una alternativa ecológica*. Cosemar Ozono, S.L. , Comición Nacional del Medio Ambiente CONOMA, España.