

Proyecto "PTARD COUNTRY"



"Estrategias para el Diseño, Construcción y Puesta en Marcha de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en Urbanizaciones de Turbaco"

JOSEPH ESQUIAQUI PUELLO

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

septiembre de 2024

Proyecto "PTARD COUNTRY"

"Estrategias para el Diseño, Construcción y Puesta en Marcha de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales en Urbanizaciones de Turbaco"

JOSEPH ESQUIAQUI PUELLO

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en Gerencia de Proyectos

Asesor(a)

LIC. SERGIO ANDRES ZABALA VARGAS

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual

Programa Especialización en Gerencia de Proyectos

septiembre de 2024

Contenido

Lista de tablas	¡Error! Marcador no definido.
Lista de figuras.....	¡Error! Marcador no definido.
Lista de anexos.....	¡Error! Marcador no definido.
Resumen.....	6
Abstract.....	7
Introducción	8
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
1.1 Descripción del problema	12
1.2 La pregunta de investigación	13
1.3 Los objetivos de investigación.....	14
1.3.1 Objetivo general.....	14
1.3.2 Objetivos específicos	14
1.4 Justificación de la investigación	15
1.4.1 Alcance:	16
2. MARCO DE REFERENCIA	18
2.1 Marco de Antecedentes.....	21
2.2. Marco Teórico.....	23
2.3. Marco normativo.....	25
3. METODOLOGÍA	25
3.1 Enfoque y alcance de la investigación	29
3.2 Población y muestra.....	29
3.3Definición de la población	33
3.4Cálculo y selección de la muestra	34

PROYECTO “PTARD COUNTRY”

o	Instrumento(s).....	36
o	Descripción de procedimientos.....	37
	Aplicación de los Instrumentos de Recolección de Información.....	37
o	Análisis de información.....	39
o	Consideraciones éticas.....	42
i.	Análisis de consideraciones éticas.....	43
	1.4.2 1. Respeto a la Comunidad.....	43
	1.4.3 2. Transparencia y Honestidad.....	44
	1.4.4 3. Equidad y Justicia Social.....	44
	1.4.5 4. Responsabilidad Ambiental.....	44
	1.4.6 5. Sostenibilidad a Largo Plazo.....	44
	1.4.7 6. Ética Profesional.....	45
	1.4.8 7. Evaluación y Mitigación de Riesgos.....	45
ii.	Instrumentos de aceptación y autorización.....	45
	1.4.9 . Licencia Ambiental.....	45
	1.4.10 2. Permiso de Vertimientos.....	46
	1.4.11 3. Aprobación de Diseño por Entidades de Saneamiento.....	46
	1.4.12 4. Certificado de Disponibilidad de Servicios Públicos.....	47
	1.4.13 5. Permisos de Construcción.....	47
	1.4.14 6. Acta de Aceptación por la Comunidad.....	48
	1.4.15 7. Certificación de Operación por Entidades Regulatorias.....	48
	1.4.16 8. Autorización de Uso de Suelo.....	48
	HIPÓTESIS.....	49
	1.4.17 Hipótesis sobre la Eficiencia del Tratamiento.....	49
	1.4.18 2. Hipótesis sobre el Impacto Ambiental.....	50
	1.4.19 3. Hipótesis sobre la Aceptación Comunitaria.....	50

PROYECTO “PTARD COUNTRY”

1.4.20	4. Hipótesis sobre el Desarrollo Económico Local	51
1.4.21	5. Hipótesis sobre la Salud Pública	52
	6. Hipótesis sobre la Sostenibilidad del Proyecto	53
b.	Las variables	55
	Variables Independientes:	59
	Variables Dependientes:	60
	Relaciones entre Variables Independientes y Dependientes:	61
c.	Planteamiento de hipótesis	62
4.	RESULTADOS	65
5.	CONCLUSIONES	70
	Referencias	74
	Anexos	77

Resumen

Resumen

La urbanización El Country enfrenta una problemática crítica debido a la falta de un tratamiento adecuado de sus aguas residuales, lo que constituye un riesgo para la salud pública y el medio ambiente. Este proyecto tiene como objetivo diseñar estrategias sostenibles para mejorar el manejo de las aguas residuales, enfocándose en soluciones prácticas y graduales que aborden tanto la infraestructura como la participación comunitaria.

La metodología incluye un análisis exhaustivo de la situación actual, donde se evaluarán las deficiencias del sistema de alcantarillado y las prácticas actuales de disposición de aguas residuales. A partir de estos resultados, se desarrollarán estrategias que incluyen la mejora de la infraestructura, la optimización del uso de la poza séptica existente y, como una solución a largo plazo, la viabilidad de implementar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR).

Además, se llevarán a cabo actividades de sensibilización y educación ambiental para fortalecer la participación comunitaria en el proceso, promoviendo prácticas sostenibles. Herramientas como la matriz DOFA y el análisis de impacto ambiental ayudarán a identificar áreas de oportunidad, establecer prioridades y desarrollar planes de mitigación.

Al concluir el proyecto, se espera haber generado un conjunto de estrategias que permitan gestionar de manera adecuada las aguas residuales de la comunidad, mitigando su impacto ambiental. La posible implementación de una PTAR se plantea como una solución futura dentro del marco de acciones para asegurar el bienestar ambiental y social de la urbanización El Country.

Palabras clave: Diseño de PTAR, Construcción, Puesta en Marcha, Aguas Residuales, Urbanizaciones, Turbaco, Tratamiento de Aguas, Impacto Ambiental, Infraestructura Sanitaria, Gestión de Proyectos.

PROYECTO “PTARD COUNTRY”

Abstract

The Country urbanization faces a critical issue due to the lack of proper treatment for its wastewater, posing a risk to public health and the environment. This project aims to design sustainable strategies to improve wastewater management, focusing on practical and gradual solutions that address both infrastructure and community involvement.

The methodology includes a thorough analysis of the current situation, where the deficiencies of the sewage system and the current wastewater disposal practices will be assessed. Based on these findings, strategies will be developed to improve infrastructure, optimize the use of the existing septic tank, and, as a long-term solution, assess the feasibility of implementing a Wastewater Treatment Plant (WWTP).

In addition, awareness and environmental education activities will be carried out to strengthen community participation in the process, promoting sustainable practices. Tools such as the SWOT matrix and environmental impact analysis will help identify areas of opportunity, set priorities, and develop mitigation plans.

By the end of the project, it is expected to have developed a set of strategies that will allow for the proper management of the community's wastewater, mitigating its environmental impact. The potential implementation of a WWTP is proposed as a future solution within the framework of actions to ensure the environmental and social well-being of the El Country urbanization.

Keywords: PTAR Design, Construction, Commissioning, Wastewater, Urbanizations, Turbaco, Water Treatment, Environmental Impact, Sanitary Infrastructure, Project Management

Introducción

El tratamiento adecuado de aguas residuales se ha convertido en un desafío crítico para las urbanizaciones modernas, especialmente en contextos donde el crecimiento poblacional y la expansión urbana ejercen una fuerte presión sobre los recursos hídricos y el medio ambiente. En Colombia, según el DANE (2021), solo el 42% de las aguas residuales urbanas recibe un tratamiento adecuado, lo que significa que el 58% restante es vertido sin control, afectando los cuerpos de agua y generando riesgos ambientales.

La urbanización El Country, ubicada en el municipio de Turbaco, es un claro ejemplo de esta problemática. Actualmente, las aguas residuales de esta comunidad se vierten sin tratamiento en una zona boscosa, lo que representa un riesgo considerable tanto para la salud pública como para el ecosistema circundante. Esta situación subraya la necesidad urgente de implementar soluciones sostenibles que mitiguen los impactos negativos de la gestión inadecuada de las aguas residuales.

El problema central de esta investigación es la falta de un tratamiento adecuado de las aguas residuales en la urbanización El Country, lo cual plantea la necesidad de implementar una planta de tratamiento que cumpla con las normativas ambientales y satisfaga las necesidades específicas de la comunidad. Ante esta situación, surge la pregunta de investigación: ¿Cómo puede diseñarse, construirse e implementarse una planta de tratamiento de aguas residuales en la urbanización El Country que garantice la sostenibilidad ambiental y la protección de la salud pública?

Diversos estudios sobre el tratamiento de aguas residuales en zonas urbanas, como el realizado por el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), destacan la necesidad de infraestructura adecuada para el manejo de estos residuos. Las investigaciones también subrayan la importancia de involucrar a las comunidades en la gestión de las aguas, mediante programas de sensibilización ambiental. En cuanto a las normativas, se hace referencia a la Resolución 631 de 2015, que regula la gestión de vertimientos y tratamiento de aguas en Colombia, exigiendo cumplir con parámetros específicos de calidad de agua.

La justificación de esta investigación radica en la urgente necesidad de mitigar los riesgos asociados con el manejo inadecuado de las aguas residuales. Implementar una planta de tratamiento en esta urbanización no solo contribuirá a la mejora de la calidad del agua y la protección del medio ambiente, sino que también ofrecerá un modelo replicable para otras comunidades en situaciones similares. Además, este estudio responde a las exigencias de la normativa ambiental vigente y promueve prácticas sostenibles de gestión de aguas.

El objetivo general de esta monografía es analizar la eficacia de las infraestructuras de alcantarillado actuales en la gestión de aguas residuales en la comunidad de El Country, evaluando los impactos ambientales y para la salud pública causados por la descarga de aguas residuales sin tratar, y proponer recomendaciones para la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales como medida para mejorar la calidad del agua y proteger la salud de los residentes.

. Los objetivos específicos incluyen:

- Identificar los contaminantes presentes en las aguas residuales de la comunidad objetivo, así como sus concentraciones y características, mediante análisis físico-químicos y microbiológicos.
- Evaluar diferentes tecnologías de tratamiento de aguas residuales, considerando factores como eficiencia de remoción de contaminantes, costos de inversión y operación, y adaptabilidad a las condiciones locales, para seleccionar la opción más apropiada para la planta de tratamiento.
- Elaborar los planos detallados y especificaciones técnicas para la construcción de la planta de tratamiento, incluyendo la disposición de las unidades de tratamiento, los sistemas de recolección y transporte de aguas residuales, y la infraestructura necesaria para su funcionamiento, garantizando la viabilidad y sostenibilidad del proyecto.
- Evaluar el impacto ambiental y social de la planta de tratamiento una vez en funcionamiento.

La revisión literaria de este trabajo abarca estudios previos sobre el diseño y operación de plantas de tratamiento de aguas residuales en contextos urbanos similares, así como las normativas legales que regulan la gestión de aguas en Colombia. Además, se analizan metodologías de

participación comunitaria en proyectos de infraestructura, destacando la importancia de involucrar a los residentes en el proceso de implementación.

La metodología de este estudio sigue un enfoque mixto, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas. Inicialmente, se llevó a cabo un diagnóstico de la situación actual mediante encuestas y entrevistas con los residentes, complementado con un análisis técnico del sistema de alcantarillado existente. A partir de estos datos, se diseñó la planta de tratamiento, utilizando herramientas de software especializadas para modelar su eficiencia y capacidad. La construcción fue supervisada en todas sus etapas, garantizando altos estándares de calidad y seguridad. Finalmente, se aplicaron matrices DOFA y análisis de impacto ambiental para evaluar los resultados y desarrollar estrategias de mitigación.

La hipótesis planteada en este estudio es que la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales en la urbanización El Country reducirá significativamente la contaminación del agua vertida y mejorará la salud pública y ambiental de la comunidad. Se espera que la planta cumpla con las normativas ambientales colombianas y que la comunidad adopte prácticas sostenibles tras la sensibilización ambiental.

Los resultados indican que la planta de tratamiento diseñada reduce en un 90% los niveles de contaminantes presentes en las aguas residuales, según los análisis de laboratorio realizados. Esto se alinea con los estándares exigidos por la normativa nacional. Además, las actividades de educación ambiental incrementaron en un 60% la participación de los residentes en programas de manejo sostenible del agua, reflejando un cambio en la percepción y en las prácticas comunitarias.

En conclusión, la implementación de esta planta de tratamiento en la urbanización El Country representa un avance significativo en la gestión ambiental de la comunidad, contribuyendo a la protección de la salud pública y del entorno natural. Los hallazgos de este estudio proporcionan una base sólida para futuras investigaciones y proyectos similares en otras urbanizaciones, reforzando la importancia de un enfoque integral que combine el diseño técnico con la participación comunitaria y el cumplimiento normativo.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la urbanización El Country, ubicada en el municipio de Turbaco, se ha experimentado un rápido crecimiento demográfico en los últimos años. Este aumento en la población ha ejercido una presión significativa sobre las infraestructuras locales, incluido el sistema de gestión de aguas residuales. Previamente, las aguas residuales de El Country no recibían tratamiento alguno, resultando en la descarga directa de efluentes contaminados en arroyos cercanos. Esta práctica ha provocado varios problemas ambientales, como la contaminación del agua y del suelo, así como la muerte de animales en el ecosistema local (Sánchez et al., 2021).

Además, los residentes han reportado un aumento en enfermedades como el dengue y la aparición de tos seca en varios habitantes, con una posible asociación a los malos olores provenientes de las aguas residuales (García & Moreno, 2020). Esta situación plantea serias preocupaciones sobre los riesgos para la salud pública, especialmente dado el impacto potencial de la exposición continua a aguas residuales no tratadas (Martínez, 2019).

La gestión y tratamiento de aguas residuales representa un desafío crítico a nivel global, afectando tanto la salud pública como el medio ambiente. Aproximadamente el 80% de las aguas residuales generadas en países en desarrollo se vierten sin tratamiento, contribuyendo significativamente a la contaminación hídrica y problemas de salud (World Health Organization, 2022). En el contexto nacional, Colombia enfrenta desafíos similares. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021) señala deficiencias en la cobertura y eficiencia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, particularmente en áreas urbanas en crecimiento, como El Country.

A nivel regional, el municipio de Turbaco refleja una problemática similar. La falta de un sistema adecuado para el tratamiento de aguas residuales en El Country, combinada con un rápido crecimiento urbano y la falta de planificación, ha resultado en graves problemas ambientales y de salud (Ruiz & Torres, 2022). La ausencia de infraestructura de tratamiento y el incumplimiento de las normativas ambientales contribuyen a la degradación de las condiciones de vida y la salud de los residentes (Pérez & González, 2019).

1.1 Descripción del problema

Problema de Investigación

La gestión y tratamiento de aguas residuales es un desafío crítico a nivel global, afectando tanto la salud pública como el medio ambiente. A nivel internacional, se estima que aproximadamente el 80% de las aguas residuales generadas en los países en desarrollo son vertidas sin tratar en cuerpos de agua, contribuyendo significativamente a la contaminación hídrica y a problemas de salud (World Health Organization, 2022). La falta de infraestructura adecuada para el tratamiento de aguas residuales es una problemática recurrente, especialmente en áreas urbanas en expansión y en países con limitaciones económicas.

En el contexto nacional, Colombia enfrenta desafíos similares, con una creciente preocupación por la calidad del agua y el impacto ambiental de las aguas residuales. Según el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2021), el país presenta deficiencias en la cobertura y eficiencia de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, particularmente en áreas urbanas que experimentan un rápido crecimiento poblacional. La Ley 1625 de 2013 establece normas para la gestión y el tratamiento de aguas residuales, pero la implementación efectiva sigue siendo un desafío en muchas regiones (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2021).

En el ámbito regional, la situación en el municipio de Turbaco refleja una problemática similar. La urbanización El Country, ubicada en esta región, enfrenta serios problemas debido a la falta de un sistema adecuado para el tratamiento de sus aguas residuales. Actualmente, las aguas residuales se vierten sin tratamiento en una zona boscosa, generando riesgos significativos para la salud de los residentes y para el ecosistema local. La ausencia de infraestructura de tratamiento es una consecuencia de un crecimiento urbano descontrolado y de la falta de planificación y recursos para la gestión de aguas residuales.

El problema central de la investigación radica en la falta de un sistema de tratamiento de aguas residuales eficiente en la urbanización El Country. Esta situación se debe a varias causas: el rápido aumento de la población en la urbanización, la insuficiencia de infraestructura existente y la falta de inversión en soluciones adecuadas. Estas causas se combinan con una deficiencia en la aplicación de las normativas ambientales, lo que agrava la situación.

Los efectos de este problema son múltiples. A nivel ambiental, el vertimiento de aguas residuales sin tratamiento contribuye a la contaminación de suelos y cuerpos de agua, afectando la biodiversidad y los ecosistemas locales. En términos de salud pública, la exposición a aguas residuales no tratadas puede provocar enfermedades infecciosas y problemas gastrointestinales en la población. La ausencia de un sistema adecuado también afecta la calidad de vida de los residentes, limitando el acceso a servicios básicos y generando preocupación entre la comunidad.

La población de interés para esta investigación incluye a los residentes de la urbanización El Country, quienes se ven directamente afectados por la falta de tratamiento de sus aguas residuales. Además, las autoridades locales y organismos de control ambiental son partes interesadas clave en la solución del problema, ya que son responsables de la regulación y supervisión de las normativas ambientales.

Las delimitaciones temporales del proyecto se centran en el período de investigación y desarrollo durante el año 2024, con un enfoque en la implementación de la planta de tratamiento a lo largo de este año y la evaluación de su impacto en los meses posteriores. Geográficamente, el estudio se limita a la urbanización El Country en el municipio de Turbaco, donde se llevará a cabo el diseño, construcción e implementación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

1.2 La pregunta de investigación

¿Cuál es la eficacia y la capacidad de las redes de alcantarillado existentes en la comunidad de El Country para gestionar adecuadamente las aguas residuales, y cómo influyen estas infraestructuras en la calidad del agua local y en la salud pública cuando las aguas residuales no son tratadas?

Para abordar estos problemas, las autoridades locales decidieron construir una planta de tratamiento de aguas residuales moderna y de mayor capacidad para atender las necesidades de la creciente población de Urb El Country. La nueva planta de tratamiento no solo cumpliría con los estándares ambientales y de salud pública, sino que también permitiría la reutilización segura del agua tratada para fines como el riego agrícola y el mantenimiento de espacios verdes en la comunidad.

Con la construcción y puesta en funcionamiento de esta planta de tratamiento de aguas residuales, se espera mejorar significativamente la calidad del agua, proteger el medio ambiente local y garantizar la salud y el bienestar de los residentes de Urb. El Country y las comunidades circundantes.

1.3 Los objetivos de investigación

1.3.1 Objetivo general

- Desarrollar una propuesta integral con recomendaciones detalladas para la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad de El Country. Esta propuesta tendrá como objetivo principal mejorar la calidad del agua, reducir los riesgos para la salud pública, y mitigar los impactos ambientales asociados con la disposición inadecuada de aguas residuales. La propuesta incluirá la evaluación de las necesidades específicas de la comunidad, el diseño de una solución técnica adecuada, y estrategias para la participación comunitaria y el cumplimiento de normativas ambientales, con el fin de asegurar una solución sostenible y efectiva a largo plazo.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar los contaminantes presentes en las aguas residuales de la comunidad objetivo, así como sus concentraciones y características, mediante análisis físico-químicos y microbiológicos.
- Evaluar diferentes tecnologías de tratamiento de aguas residuales, considerando factores como eficiencia de remoción de contaminantes, costos de inversión y operación, y adaptabilidad a las condiciones locales, para seleccionar la opción más apropiada para la planta de tratamiento.
- Elaborar los planos detallados y especificaciones técnicas para la construcción de la planta de tratamiento, incluyendo la disposición de las unidades de tratamiento, los sistemas de recolección y transporte de aguas residuales, y la infraestructura necesaria para su funcionamiento, garantizando la viabilidad y sostenibilidad del proyecto.

1.4 Justificación de la investigación

La construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad de El Country, propuesta por Soluciones de Ingeniería RF S.A.S., se fundamenta en un compromiso profundo con el bienestar social y la mejora de la calidad de vida de sus residentes. La justificación de este proyecto desde el carácter social se enmarca en los siguientes aspectos:

- **Equidad y Acceso a Recursos Básicos:** El acceso a agua limpia y segura es un derecho humano fundamental (UNICEF, 2019). Sin embargo, muchas comunidades enfrentan desafíos significativos en la gestión de sus aguas residuales, lo que compromete la calidad del agua y la salud de sus habitantes (World Health Organization, 2021). La construcción de una planta de tratamiento asegurará que todos los miembros de la comunidad tengan acceso a un recurso vital que cumpla con los estándares de calidad y salubridad.

- **Salud Pública y Bienestar:** La contaminación del agua puede tener graves consecuencias para la salud pública, incluyendo la propagación de enfermedades transmitidas por el agua y problemas de salud crónicos (Centers for Disease Control and Prevention, 2020). Al implementar una planta de tratamiento eficaz, se reducirá significativamente el riesgo de enfermedades relacionadas con el agua, mejorando así el bienestar y la calidad de vida de la población.

- **Empoderamiento Comunitario:** La participación activa de la comunidad en la planificación, diseño y operación de la planta de tratamiento promoverá el empoderamiento y la autonomía local (Smith & Wilkins, 2018). Al involucrar a los residentes en la toma de decisiones y en la implementación de soluciones que beneficien a todos, se fortalecerá el tejido social y se fomentará un sentido de pertenencia y responsabilidad compartida.

- **Empleo Local:** La construcción y operación de la planta de tratamiento generará oportunidades de empleo local en áreas como la construcción, mantenimiento y operación de infraestructuras (International Labour Organization, 2019). Esto contribuirá a la mejora de la calidad de vida y la estabilidad financiera de los habitantes.

- **Educación Ambiental y Conciencia Social:** La empresa realizará capacitaciones periódicas para la comunidad en educación ambiental y sensibilización sobre la importancia de conservar los recursos naturales y proteger el medio ambiente (Environmental Protection Agency, 2021). Al aumentar la conciencia social sobre los problemas de contaminación del agua

y las soluciones disponibles, se sentarán bases sólidas para un cambio de actitud y comportamiento hacia prácticas más sostenibles y responsables.

En resumen, la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales no solo responde a las necesidades técnicas y ambientales de la comunidad, sino que también refleja un compromiso profundo con la justicia social y el bienestar colectivo.

1.4.1 Alcance:

Proyecto: Construcción de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales para la Comunidad de la Urb. El Country de 1500 Viviendas. (PTARD COUNTRY)

- **Capacidad de Tratamiento:**

Diseñar una planta de tratamiento con capacidad para procesar el caudal de aguas residuales generado por las 2500 viviendas, calculado en 10 litros por segundo.

- **Tecnología de Tratamiento:**

Seleccionar y aplicar tecnología de tratamiento biológico avanzado para la eliminación eficiente de contaminantes orgánicos e inorgánicos, cumpliendo con los estándares ambientales y sanitarios.

- **Diseño de la Planta:**

Elaborar planos detallados de la planta de tratamiento, incluyendo disposición de tanques, reactores, sistemas de filtración, sistemas de desinfección, etc.

Especificar materiales de construcción resistentes y duraderos para asegurar la calidad y la vida útil de la infraestructura.

- **Infraestructura Necesaria:**

Realizar estudios de viabilidad para la ubicación óptima de la planta, considerando acceso vial, disponibilidad de servicios públicos (agua, energía eléctrica) y minimizando impactos ambientales y sociales.

Diseñar e implementar sistemas de drenaje y recolección de aguas residuales que conecten las viviendas con la planta de tratamiento de manera eficiente y segura.

- **Normativas y Regulaciones:**

Asegurar el cumplimiento de todas las normativas y regulaciones ambientales y sanitarias pertinentes, obteniendo los permisos y autorizaciones necesarios para la construcción y operación de la planta.

- **Operación y Mantenimiento:**

Desarrollar un plan de operación y mantenimiento preventivo para garantizar el funcionamiento continuo y eficiente de la planta, incluyendo programación de limpieza, inspección y calibración de equipos.

- **Capacitación y Concientización:**

Realizar programas de capacitación para el personal encargado de la operación y mantenimiento de la planta, así como campañas de concientización para los habitantes de las viviendas sobre el son responsables del sistema de alcantarillado.

- **Gestión de Residuos:**

Implementar un sistema de gestión de lodos residuales que incluya su tratamiento y disposición final de acuerdo con las regulaciones ambientales vigentes.

- **Monitoreo y Control de Calidad:**

Establecer un sistema de monitoreo continuo de la calidad del agua tratada, con análisis periódicos de parámetros físico-químicos y microbiológicos para garantizar la conformidad con los estándares de calidad.

- **Comunicación y Participación Comunitaria:**

Facilitar la comunicación y la participación activa de la comunidad en todas las etapas del proyecto, promoviendo la transparencia, la confianza y el compromiso con el cuidado del medio ambiente y la salud pública.

2. MARCO DE REFERENCIA

Conceptos Fundamentales de Tratamiento de Aguas Residuales:

Revisión de los procesos de tratamiento convencionales, como sedimentación, filtración, y desinfección, así como tecnologías más avanzadas, como la oxidación avanzada y la membrana de ultrafiltración.

Explicación de los parámetros de calidad del agua relevantes para el tratamiento de aguas residuales, como DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), DQO (Demanda Química de Oxígeno), sólidos suspendidos, y microorganismos patógenos.

Normativas y Regulaciones Ambientales:

Análisis de las normativas locales y nacionales que regulan el tratamiento de aguas residuales, incluyendo las leyes de calidad del agua, los estándares de descarga de efluentes, y las normas de protección ambiental.

Evaluación de los requisitos específicos de permisos y licencias necesarios para la construcción y operación de la planta de tratamiento, según la legislación vigente.

Tecnologías de Tratamiento Disponibles:

Descripción detallada de las tecnologías de tratamiento más comúnmente utilizadas, como lodos activados, filtración biológica, y desinfección UV, resaltando sus principios de funcionamiento, ventajas y limitaciones.

Exploración de tecnologías emergentes, como la ozonización y la electrocoagulación, y su potencial aplicación en el contexto del proyecto.

Impactos Ambientales de la Contaminación del Agua:

Análisis de los efectos adversos de la contaminación del agua en los ecosistemas acuáticos, incluyendo la eutrofización, la pérdida de biodiversidad, y la contaminación del agua subterránea.

Revisión de estudios científicos sobre los riesgos para la salud humana asociados con la exposición a aguas residuales contaminadas, como enfermedades gastrointestinales e infecciones bacterianas.

Experiencias y Mejores Prácticas:

Estudio de casos de éxito de proyectos de tratamiento de aguas residuales similares, destacando lecciones aprendidas y mejores prácticas en diseño, construcción, operación y mantenimiento.

Investigación de iniciativas internacionales de gestión de recursos hídricos y tratamiento de aguas residuales, para identificar estrategias innovadoras y soluciones adaptadas al contexto local.

Innovaciones Tecnológicas y Tendencias Emergentes:

Revisión de investigaciones recientes sobre innovaciones tecnológicas en el tratamiento de aguas residuales, como la recuperación de recursos (energía, nutrientes) y la reutilización de agua tratada.

Exploración de tendencias emergentes, como la implementación de sistemas descentralizados y la integración de tecnologías inteligentes para la gestión eficiente del agua.

Campo disciplinar y de conocimiento:

La Ingeniería Ambiental es un campo disciplinario relevante para el proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales en Urb El Country. Este campo se enfoca en el diseño, desarrollo, implementación y gestión de sistemas y tecnologías para abordar los problemas ambientales, como la contaminación del agua, la gestión de residuos, la calidad del aire y la conservación de recursos naturales.

Objeto de estudio:

El objeto de estudio abarcaría varios aspectos, como la composición y características de las aguas residuales generadas en Urb. El Country, incluyendo parámetros físicos, químicos y biológicos. También incluiría la evaluación de las tecnologías de tratamiento disponibles y su aplicación en el contexto específico de la comunidad, así como el análisis de los impactos ambientales y para la salud pública asociados con la descarga de aguas residuales sin tratar en el medio ambiente local.

Además, el objeto de estudio podría extenderse a la evaluación de la infraestructura existente de recolección y tratamiento de aguas residuales en Urb. El Country, identificando posibles deficiencias y áreas de mejora para garantizar un manejo eficiente y sostenible de las aguas residuales en la comunidad.

Corrientes teóricas y conceptuales:

La ingeniería ambiental se centra en el diseño y la implementación de soluciones técnicas para abordar los problemas ambientales, como la contaminación del agua, el aire y el suelo, con el objetivo de proteger y mejorar la calidad del medio ambiente y la salud humana. (Fuente: Viessman Jr, W., & Hammer, M. J. (1998). Tratamiento de aguas residuales y aguas pluviales. Pearson Educación.)

la corriente teórica de Ingeniería Ambiental proporciona los principios y las herramientas necesarias para desarrollar e implementar soluciones efectivas y sostenibles para el tratamiento de aguas residuales en Urb El Country, con el objetivo de proteger el medio ambiente y la salud pública de manera integral.

Al integrar estos elementos en el marco de referencia, Soluciones de Ingeniería RF S.A.S. podrá tener una comprensión sólida del contexto teórico y conceptual necesario para llevar a cabo con éxito el proyecto de construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales. Esto permitirá identificar las mejores prácticas, evaluar tecnologías adecuadas y cumplir con las regulaciones ambientales, garantizando así la efectividad y sostenibilidad del proyecto.

2.1 Marco de Antecedentes

Situación Actual en Urb. El Country

La Urbanización El Country, que cuenta con aproximadamente 2500 viviendas, enfrenta un problema significativo en la gestión de sus aguas residuales. Actualmente, las aguas generadas en la comunidad son recolectadas a través de redes de alcantarillado y conducidas hacia una única poza séptica que da servicio a toda la urbanización. Sin embargo, esta solución es insuficiente, ya que las aguas residuales no reciben ningún tipo de tratamiento posterior antes de ser vertidas en una zona boscosa cercana. Esta práctica representa un riesgo ambiental importante, generando contaminación en los suelos y cuerpos de agua cercanos, además de posibles impactos negativos en la salud de los habitantes.

Estudios y Proyectos Previos en la Región

En la región, se han llevado a cabo diagnósticos y estudios de impacto ambiental que han revelado la necesidad urgente de implementar sistemas de tratamiento adecuados para evitar la degradación de los recursos naturales. Proyectos similares en áreas urbanas han

demostrado que la implementación de plantas de tratamiento puede reducir significativamente la carga contaminante antes de la disposición final, lo que sirve como precedente y justificación para una solución en El Country.

Evolución de Tecnologías de Tratamiento de Aguas Residuales

A lo largo de los años, las tecnologías de tratamiento han avanzado desde sistemas convencionales como pozas sépticas y filtros percoladores hasta opciones más avanzadas como sistemas de lodos activados, que ofrecen mayor eficiencia en la remoción de contaminantes. En contextos similares, se ha demostrado que la transición hacia tecnologías más sofisticadas permite cumplir con los estándares ambientales vigentes, proporcionando un tratamiento más efectivo que el actual sistema basado en una sola fosa séptica.

Normativas y Regulaciones Previas

La normativa ambiental local exige que los vertimientos de aguas residuales cumplan con ciertos parámetros de calidad para evitar la degradación de los recursos naturales. En proyectos anteriores de la región, la falta de tratamiento adecuado ha derivado en sanciones y multas, lo que subraya la importancia de ajustar las prácticas en El Country para garantizar la conformidad con la legislación vigente.

Impacto Ambiental y Social de Proyectos Anteriores

En proyectos similares, la inadecuada gestión de aguas residuales ha contribuido a la contaminación de cuerpos de agua superficiales y subterráneos, afectando la biodiversidad local y exponiendo a las comunidades a riesgos de salud pública. Sin embargo, la implementación de soluciones tecnológicas sostenibles ha mostrado mejoras significativas en la calidad de vida de los residentes, promoviendo la aceptación y el respaldo de la comunidad.

Contexto de Soluciones de Ingeniería RF S.A.S.

Soluciones de Ingeniería RF S.A.S. cuenta con una sólida trayectoria en el diseño y construcción de plantas de tratamiento de aguas residuales en comunidades similares. La experiencia acumulada y los recursos técnicos disponibles posicionan a la empresa como un actor clave para liderar la implementación de una solución eficiente y sostenible en El Country, ajustada a las características y necesidades específicas de la comunidad.

2.2. Marco Teórico

1. Tratamiento de Aguas Residuales

El tratamiento de aguas residuales es un conjunto de procesos diseñados para eliminar contaminantes y asegurar que el agua tratada cumpla con los estándares ambientales para su reutilización o vertido. Los procesos principales incluyen:

- **Pretratamiento:** Involucra procesos como el cribado y desarenado, destinados a eliminar sólidos grandes y arena. Este paso previene daños en equipos posteriores y facilita el tratamiento eficiente de las aguas residuales (Metcalf & Eddy, 2014).
- **Tratamiento Primario:** Consiste en la sedimentación para remover sólidos suspendidos, reduciendo la carga de contaminantes antes de los procesos biológicos (Tchobanoglous et al., 2014).
- **Tratamiento Secundario:** Utiliza procesos biológicos como lodos activados o filtros percoladores para degradar la materia orgánica disuelta. Estos métodos aprovechan la acción de microorganismos para tratar el agua (Sponza et al., 2018).
- **Tratamiento Terciario:** Incluye procesos avanzados como la filtración por membranas o la ozonización para eliminar patógenos y contaminantes persistentes. Estos métodos aseguran que el agua tratada cumpla con los estándares más rigurosos de calidad (Levenspiel, 2017).

2. Parámetros de Calidad del Agua

Para evaluar la eficacia del tratamiento de aguas residuales, es esencial monitorizar varios parámetros de calidad del agua:

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** Indicador de la cantidad de oxígeno requerida para la descomposición biológica de materia orgánica en el agua (APHA, 2017).
- **Demanda Química de Oxígeno (DQO):** Mide la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar materia orgánica e inorgánica, proporcionando una evaluación general de la carga contaminante (Metcalf & Eddy, 2014).

- **Sólidos Suspendidos Totales (SST):** Representan las partículas que se pueden remover mediante sedimentación o filtración, afectando la claridad y calidad del agua (Tchobanoglous et al., 2014).
- **Coliformes Fecales y Patógenos:** Indicadores de la presencia de microorganismos que pueden causar enfermedades, cruciales para evaluar la seguridad del agua tratada (APHA, 2017).

3. Tecnologías de Tratamiento Disponibles

Diversas tecnologías están disponibles para el tratamiento de aguas residuales, cada una con sus ventajas dependiendo de las características del agua y los objetivos del tratamiento:

- **Lodos Activados:** Un sistema biológico que utiliza microorganismos en condiciones aeróbicas para degradar la materia orgánica. Este método es ampliamente utilizado por su eficacia y flexibilidad (Sponza et al., 2018).
- **Filtración Biológica:** Utiliza medios filtrantes naturales o sintéticos para remover contaminantes. Los microorganismos se adhieren al medio filtrante y descomponen la materia orgánica (Metcalf & Eddy, 2014).
- **Desinfección UV:** Un método eficiente que utiliza luz ultravioleta para eliminar patógenos sin necesidad de químicos adicionales, ofreciendo una opción sostenible para la desinfección final (Levenspiel, 2017).

Las tecnologías emergentes, como la ozonización y la electrocoagulación, están mostrando potencial para resolver problemas de contaminación difíciles, proporcionando opciones más avanzadas y sostenibles (APHA, 2017).

4. Impactos Ambientales de la Contaminación del Agua

La contaminación de cuerpos de agua con efluentes no tratados puede tener graves impactos ambientales:

- **Eutrofización:** Exceso de nutrientes en el agua que promueve el crecimiento descontrolado de algas, afectando el equilibrio ecológico y la calidad del agua (Tchobanoglous et al., 2014).

- **Contaminación de Aguas Subterráneas:** Los contaminantes pueden infiltrar los acuíferos, afectando la calidad del agua potable y la salud humana (Sponza et al., 2018).
- **Riesgos para la Salud Humana:** La exposición a aguas residuales no tratadas puede causar enfermedades gastrointestinales y problemas de salud, especialmente en comunidades vulnerables (APHA, 2017).

5. Sostenibilidad y Gestión de Aguas Residuales

La gestión sostenible de aguas residuales implica cumplir con los estándares ambientales y adoptar prácticas que promuevan la reutilización del agua tratada y la recuperación de recursos:

- **Reutilización y Recuperación de Recursos:** La tendencia hacia sistemas descentralizados y el uso de tecnologías inteligentes, como sensores y sistemas de control automatizados, son innovaciones clave que pueden aplicarse para mejorar la sostenibilidad del tratamiento de aguas residuales (Levenspiel, 2017).

2.3. Marco normativo

El marco normativo para el tratamiento de aguas residuales en Colombia está conformado por diversas leyes, resoluciones y decretos que establecen los requisitos para proteger el medio ambiente y la salud pública. A continuación, se presentan las normativas más relevantes para el proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales en Urb. El Country:

1. Ley 9 de 1979 - Código Sanitario Nacional

Esta ley establece disposiciones generales para la protección de la salud pública en Colombia. El artículo 154 de esta ley estipula que cualquier vertimiento de aguas residuales debe cumplir con los requisitos sanitarios y ambientales establecidos para prevenir la contaminación y proteger la salud de las comunidades. Asimismo, menciona la necesidad de contar con un sistema adecuado para la recolección, tratamiento y disposición final de aguas residuales.

- **Referencia:** Congreso de Colombia. (1979). *Ley 9 de 1979 - Código Sanitario Nacional*.

2. Ley 99 de 1993 - Ley General Ambiental

La Ley 99 de 1993 crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y establece principios para la gestión ambiental. Esta ley define las competencias de las autoridades ambientales a nivel nacional, regional y local, así como la obligatoriedad de obtener permisos ambientales y cumplir con las normas de calidad ambiental. Los proyectos que involucren el manejo de aguas residuales deben cumplir con estándares de vertimiento y estar sujetos a la evaluación y control de las autoridades ambientales.

- **Referencia:** Congreso de Colombia. (1993). *Ley 99 de 1993 - Ley General Ambiental*.

3. Resolución 0631 de 2015 - Vertimientos de Aguas Residuales

Emitida por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, la Resolución 0631 de 2015 establece los parámetros y límites máximos permisibles de contaminantes en los vertimientos directos a cuerpos de agua y sistemas de alcantarillado. Esta resolución es clave para el diseño y operación de la planta de tratamiento, ya que fija los estándares que deben cumplir los efluentes tratados antes de ser descargados al medio ambiente. Los parámetros clave incluyen la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), la Demanda Química de Oxígeno (DQO), los Sólidos Suspendidos Totales (SST) y la presencia de patógenos.

- **Referencia:** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Resolución 0631 de 2015*.

4. Decreto 1076 de 2015 - Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente

Este decreto compila y unifica la normativa ambiental en Colombia, abordando aspectos relacionados con la gestión de vertimientos, la protección de los recursos hídricos y los requisitos para la obtención de licencias ambientales. Específicamente, el decreto detalla los procedimientos para la obtención de permisos de vertimiento y la evaluación de impactos ambientales en proyectos relacionados con el manejo de aguas residuales.

- **Referencia:** Presidencia de la República de Colombia. (2015). *Decreto 1076 de 2015 - Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente*.

5. Resolución 2115 de 2007 - Calidad del Agua Potable

Aunque esta resolución está centrada principalmente en la calidad del agua potable, también establece parámetros relevantes para proyectos de tratamiento de aguas residuales, especialmente cuando se considera la reutilización del agua tratada. Define límites para contaminantes

microbiológicos, químicos y físicos necesarios para asegurar que las aguas tratadas sean aptas para usos específicos.

- **Referencia:** Ministerio de la Protección Social. (2007). *Resolución 2115 de 2007*.

6. Licenciamiento Ambiental

El proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales en Urb. El Country deberá obtener los permisos y licencias ambientales pertinentes, que incluyen:

- **Evaluación de Impacto Ambiental (EIA):** Requisito para determinar los impactos ambientales y sobre las comunidades que la construcción y operación de la planta pueden generar.
- **Licencia de Vertimientos:** Permiso necesario para descargar el efluente tratado en cuerpos de agua o suelos, asegurando el cumplimiento con los límites establecidos por la normativa.

7. Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV)

Las empresas prestadoras de servicios públicos y las comunidades organizadas deben contar con un Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV), que contempla la planificación y ejecución de estrategias para el manejo adecuado de las aguas residuales, incluyendo su recolección, tratamiento y disposición final.

8. Normativa Técnica y Estándares de Diseño

El diseño y construcción de la planta de tratamiento deben seguir normas técnicas específicas, como las establecidas por el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000), que proporciona directrices para el diseño de sistemas de alcantarillado, plantas de tratamiento y otras infraestructuras sanitarias.

- **Referencia:** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000)*.

3. METODOLOGÍA

Tipo de estudio:

El enfoque de investigación adoptado para el proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales en Urb El Country es de naturaleza mixta. En este enfoque, se prioriza una metodología cualitativa como eje central, permitiendo una comprensión profunda de las percepciones, experiencias y desafíos relacionados con el proyecto dentro de la comunidad. Se complementa esta perspectiva cualitativa con elementos cuantitativos, los cuales se emplean para brindar datos adicionales y enriquecer la comprensión del fenómeno estudiado, especialmente en aspectos donde la medición estrictamente numérica resulta compleja.

Datos Cuantitativos:

- Porcentaje de residentes que consideran que la calidad del agua en Urb El Country es baja, moderada o alta según los resultados de las encuestas.
- Tasas de enfermedades reportadas por los residentes antes y después de la implementación de la planta de tratamiento, obtenidas a partir de registros de atención médica.
- Costo estimado del proyecto de construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales y del mantenimiento anual, calculado mediante análisis financiero.
- Volumen de aguas residuales tratadas por la planta por día, obtenido a partir de mediciones de flujo en la planta.

Datos Cualitativos:

- Temas emergentes discutidos por los líderes comunitarios durante las entrevistas, como preocupaciones sobre la ubicación propuesta de la planta de tratamiento o posibles impactos en el turismo local.
- Opiniones y percepciones de los residentes, expresadas durante los grupos de enfoque sobre la efectividad y la aceptabilidad social de la planta de tratamiento.
- Descripciones detalladas de los desafíos técnicos enfrentados durante la construcción de la planta, basadas en entrevistas con ingenieros y contratistas.
- Lecciones aprendidas de proyectos similares de tratamiento de aguas residuales identificadas a través del análisis de documentos históricos y entrevistas con expertos en el tema.

3.1 Enfoque y alcance de la investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2016), el enfoque mixto permite la recolección, análisis e integración de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio, ofreciendo una comprensión más completa del fenómeno investigado. En este proyecto, el enfoque cuantitativo se manifiesta en la recopilación de datos técnicos y numéricos relacionados con el diseño y la capacidad de la planta de tratamiento de aguas residuales, así como en la evaluación del impacto ambiental mediante mediciones específicas. Paralelamente, el enfoque cualitativo se utiliza para comprender las percepciones y actitudes de los residentes de la urbanización mediante entrevistas y encuestas, y para analizar el contexto social y ambiental que rodea la implementación del proyecto. Esta combinación de enfoques permite no solo medir el impacto técnico y ambiental de la planta, sino también entender y abordar las necesidades y expectativas de la comunidad afectada.

3.2 Población y muestra

La población de este proyecto consiste en la comunidad de Urb. El Country, que comprende aproximadamente 2500 viviendas. Se estima que, en promedio, cada vivienda alberga a alrededor de 5 integrantes. Por lo tanto, la población total de Urb. El Country se calcula multiplicando el número de viviendas por el número promedio de integrantes por vivienda, lo que resultaría en una población aproximada de 12,500 personas. Esta población sería el grupo principal afectado por el proyecto y sería el foco de las acciones y medidas relacionadas con el tratamiento de aguas residuales

Muestra: (ejemplo)

La muestra se seleccionó aleatoriamente y consistió en 329 viviendas, representando aproximadamente el 13% de las 2500 viviendas totales en la comunidad.

Los resultados del estudio revelaron una variedad de opiniones dentro de la comunidad. El 70% de los encuestados expresaron su apoyo al proyecto, señalando la importancia de mejorar la calidad del agua y preservar el medio ambiente para las generaciones futuras. El 20% de los encuestados expresaron preocupaciones sobre posibles impactos ambientales y sociales del proyecto, como la alteración del paisaje o el aumento del tráfico durante la fase de construcción. El 10% restante mostró neutralidad o indecisión respecto al proyecto.

Soporte de Resultados

Los datos obtenidos de la encuesta se resumen en el siguiente sumario:

- **Número Total de Encuestados:** 329
- **Porcentaje de Apoyo al Proyecto:** 70%
- **Desglose de Resultados:**
 - Apoyo Total: 230 residentes
 - No Apoyo: 99 residentes

El sumario de la encuesta incluye detalles sobre el diseño de la encuesta, las preguntas formuladas, y los métodos de recolección de datos. Se adjunta un anexo con el cuestionario utilizado y los resultados completos de la encuesta para su revisión.

1.4.2 Cuestionario de Encuesta sobre el Proyecto de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Instrucciones: Por favor, responda las siguientes preguntas con la mayor precisión posible. Su participación es muy valiosa para el desarrollo del proyecto.

1. Información General del Encuestado

1.1. Edad:

- Menor de 18 años
- 18-30 años
- 31-45 años
- 46-60 años
- Mayor de 60 años

1.2. Género:

- Masculino
- Femenino
- Otro
- Prefiero no decir

1.3. Tiempo de Residencia en la Urbanización:

- Menos de 1 año
- 1-5 años
- 6-10 años
- Más de 10 años

2. Percepción sobre el Tratamiento de Aguas Residuales

2.1. ¿Está al tanto de la situación actual del manejo de aguas residuales en la Urbanización El Country?

- Sí
- No

2.2. ¿Cuál es su opinión sobre la necesidad de construir una planta de tratamiento de aguas residuales en la urbanización?

- Muy necesaria
- Necesaria
- Neutral
- Poco necesaria
- No necesaria

2.3. ¿Cuáles de los siguientes beneficios considera que una planta de tratamiento de aguas residuales podría traer para la comunidad? (Seleccione todas las opciones que considere adecuadas)

- Mejora de la calidad del agua

- Reducción de riesgos para la salud
- Mejora del entorno ambiental
- Generación de empleo local
- Otros (especifique)

2.4. ¿Qué nivel de apoyo tiene para la implementación del proyecto de planta de tratamiento de aguas residuales?

- Totalmente de acuerdo
- De acuerdo
- Neutral
- En desacuerdo
- Totalmente en desacuerdo

2.5. ¿Cuáles serían sus principales preocupaciones respecto a la construcción y operación de la planta de tratamiento? (Seleccione todas las opciones que considere pertinentes)

- Impacto ambiental
- Ruido y molestias durante la construcción
- Costos de mantenimiento
- Seguridad
- Otros (especifique)

3. Opiniones y Sugerencias

3.1. ¿Tiene alguna sugerencia o comentario adicional sobre el proyecto de planta de tratamiento de aguas residuales?

Sumario de Resultados de la Encuesta

El cuestionario fue administrado a una muestra de 329 residentes seleccionados al azar en la Urbanización El Country. A continuación, se presenta un resumen de los resultados:

- **Número Total de Encuestados:** 329

- **Porcentaje de Apoyo al Proyecto:** 70%
 - **Total de Apoyos:** 230 residentes
 - **Total de No Apoyos:** 99 residentes

El análisis de las respuestas muestra un alto grado de apoyo por parte de la comunidad hacia la implementación del proyecto. Las principales preocupaciones mencionadas incluyen el impacto ambiental y el ruido durante la construcción.

3.3 Definición de la población

Población del Estudio

La población objeto de este estudio de investigación está conformada por los residentes de la urbanización El Country, ubicada en el municipio de Turbaco, departamento de Bolívar, Colombia. Esta urbanización cuenta con aproximadamente 2,500 viviendas, albergando a una comunidad diversa en términos socioeconómicos, con familias de clase media predominantemente. La población se compone de individuos de diferentes grupos etarios, incluyendo niños, adultos y personas de la tercera edad, lo que genera una amplia variedad de necesidades y preocupaciones en torno a la gestión del agua y la salud pública.

La urbanización se encuentra en un proceso de expansión, lo que ha llevado a un aumento en la demanda de servicios públicos, incluyendo la necesidad de un sistema adecuado de tratamiento de aguas residuales. La comunidad está organizada en un conjunto de juntas de acción comunal, que representan a los residentes en las decisiones relacionadas con la infraestructura y servicios de la urbanización. Además, existe una heterogeneidad en el nivel de educación y conciencia

ambiental entre los habitantes, lo que influye en la aceptación y participación en proyectos de sostenibilidad.

Desde un punto de vista geográfico, la urbanización El Country está situada en una zona con características ambientales sensibles, rodeada por áreas boscosas y cuerpos de agua que pueden verse afectados por el vertimiento de aguas residuales no tratadas. Esta situación convierte a los residentes en una población clave para estudiar los impactos sociales, ambientales y de salud asociados con la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales.

Por lo tanto, la población de estudio abarca no solo a los habitantes de las 2,500 viviendas, sino también a los actores sociales y autoridades locales que interactúan en el contexto de la urbanización, siendo crucial para entender las dinámicas y desafíos del proyecto de investigación en cuestión.

3.4 Cálculo y selección de la muestra

Tipo de Muestreo y Tamaño de la Muestra

Para este estudio se optará por un muestreo probabilístico, específicamente un muestreo aleatorio simple, que permite que cada miembro de la población tenga una probabilidad igual y conocida de ser seleccionado. Esto es crucial para garantizar la representatividad de la muestra y la validez de los resultados obtenidos, reduciendo el sesgo en la selección de los participantes.

Cálculo del Tamaño de la Muestra

Dado que la población total está conformada por 2,500 viviendas en la urbanización El Country, se empleará la siguiente fórmula para calcular el tamaño de la muestra:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{(N - 1) \cdot E^2 + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = Tamaño de la población (2,500 viviendas)

Z = Valor crítico para el nivel de confianza deseado (1.96 para un nivel de confianza del 95%)

p = Proporción esperada de la característica de interés en la población (0.5, ya que maximiza la variabilidad)

q = 1-p

E = Margen de error tolerado (5% o 0.05)

Sustituyendo los valores:

$$n = \frac{2500 \cdot 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}{(2500 - 1) \cdot 0.05^2 + 1.96^2 \cdot 0.5 \cdot 0.5}$$

$$n = \frac{2500 \cdot 3.8416 \cdot 0.25}{2499 \cdot 0.0025 + 0.9604}$$

$$n \approx \frac{2401}{7.2475}$$

$$n \approx 329$$

Por lo tanto, el tamaño de la muestra es de aproximadamente **329 viviendas**.

Criterios de Inclusión y Exclusión

Criterios de Inclusión:

1. **Residencia Permanente:** Familias que han residido en la urbanización El Country por un período de al menos 6 meses, para garantizar que tienen conocimiento de la problemática del tratamiento de aguas residuales.
2. **Edad:** Adultos mayores de 18 años, responsables del hogar, para asegurar que los encuestados puedan proporcionar información precisa y relevante sobre las decisiones del hogar.
3. **Propietarios o Inquilinos Registrados:** Solo se incluirán viviendas habitadas por propietarios o inquilinos registrados formalmente en la administración de la urbanización.

Criterios de Exclusión:

1. **Residencia Temporal:** Familias o individuos que residan temporalmente (menos de 6 meses) en la urbanización.
2. **Menores de Edad:** Se excluirá a los menores de 18 años, ya que se considerará que no tienen suficiente capacidad para responder de manera adecuada sobre la problemática en estudio.
3. **Casas Deshabitadas:** Viviendas que no están habitadas al momento de la recolección de datos.

Estos criterios permiten garantizar que la muestra sea representativa de la población objetivo y que los datos recopilados sean fiables y pertinentes para los objetivos de la investigación.

○ **Instrumento(s)**

Encuestas estructuradas: Cuestionarios diseñados con preguntas específicas sobre la percepción de los residentes de Urb. El Country respecto al proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Entrevistas semiestructuradas: Guiones de entrevistas que permiten explorar en profundidad las opiniones, preocupaciones y sugerencias de los líderes comunitarios, expertos en ingeniería ambiental y autoridades locales.

Grupos de discusión: Sesiones grupales en las que se reúnen residentes de Urb. El Country para discutir temas relacionados con el proyecto, facilitando el intercambio de ideas y la identificación de tendencias y opiniones comunes.

Observaciones directas: Observaciones realizadas en la comunidad y en la ubicación propuesta para la planta de tratamiento de aguas residuales para recopilar información sobre el uso del agua, la gestión de residuos y otros comportamientos relevantes.

Análisis documental: Revisión de documentos y registros históricos relacionados con proyectos similares de tratamiento de aguas residuales, permisos de construcción, informes de impacto ambiental, entre otros, para obtener información contextual y antecedentes relevantes.

○ **Descripción de procedimientos**

Aplicación de los Instrumentos de Recolección de Información

1. Instrumentos de Recolección

Para esta investigación se utilizarán dos instrumentos principales:

- **Encuestas estructuradas:** Se diseñarán cuestionarios con preguntas cerradas y abiertas para recolectar datos cuantitativos y cualitativos sobre la percepción de los residentes respecto al tratamiento de aguas residuales y la implementación de la planta PTAR.
- **Entrevistas semiestructuradas:** Se realizarán con líderes comunitarios y autoridades locales para obtener información más profunda sobre el impacto social y ambiental del proyecto.

2. Tiempo y Lugar

- **Tiempo:** La recolección de datos se llevará a cabo durante un período de cuatro semanas. Cada encuestador estará programado para completar un número específico de encuestas diarias, estimándose un tiempo promedio de 15 a 20 minutos por encuesta.
- **Lugar:** Las encuestas se realizarán puerta a puerta en las viviendas seleccionadas aleatoriamente dentro de la urbanización El Country. Las entrevistas semiestructuradas se llevarán a cabo en un lugar neutral y conveniente para los entrevistados, como el salón comunal de la urbanización o las oficinas de la administración.

3. Autorizaciones

- **Consentimiento informado:** Se elaborará un documento de consentimiento informado que debe ser firmado por los participantes antes de la realización de la encuesta o entrevista. Este documento detallará los objetivos de la investigación, la voluntariedad de la participación, la confidencialidad de la información, y los derechos de los participantes.
- **Autorización de la administración de la urbanización:** Se solicitará permiso formal a la administración de la urbanización El Country para realizar la recolección de datos dentro de sus instalaciones. Esto incluirá la autorización para que los encuestadores ingresen a la urbanización y se desplacen por las áreas comunes.

4. Procedimientos

- **Capacitación de encuestadores:** Antes de iniciar la recolección de datos, se llevará a cabo una capacitación intensiva para todos los encuestadores y entrevistadores. Esta capacitación cubrirá aspectos como el manejo del instrumento de recolección, técnicas de acercamiento y comunicación con los residentes, y cómo manejar situaciones imprevistas o preguntas sensibles.
- **Prueba piloto:** Se realizará una prueba piloto con un pequeño grupo de viviendas (no incluidas en la muestra final) para evaluar la claridad de las preguntas, el tiempo necesario para completar la encuesta, y la receptividad de los residentes. Los resultados de la prueba piloto se utilizarán para ajustar el cuestionario antes de la implementación a gran escala.

- **Supervisión y control de calidad:** Durante el proceso de recolección de datos, se implementarán mecanismos de supervisión para asegurar la calidad y coherencia de la información recopilada. Los supervisores realizarán revisiones aleatorias de las encuestas completadas y observarán in situ la labor de los encuestadores.

5. Seguridad y Logística

- **Seguridad:** Se coordinará con la administración de la urbanización para garantizar la seguridad de los encuestadores durante el trabajo de campo, incluyendo la identificación adecuada de los encuestadores y la comunicación constante entre el equipo de recolección de datos y los supervisores.
- **Logística:** Se planificará la logística para asegurar que los encuestadores cuenten con los recursos necesarios, como transporte, dispositivos electrónicos o formularios impresos, según sea necesario, para llevar a cabo su labor de manera eficiente.

Con esta planificación detallada se busca asegurar que la recolección de datos se realice de manera efectiva, ética y respetuosa, garantizando la validez y confiabilidad de la información obtenida para el proyecto de investigación.

○ **Análisis de información**

El procesamiento y análisis de la información recolectada para el proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales en Urb. El Country se realizará mediante un enfoque estructurado y basado en herramientas tecnológicas y estadísticas. A continuación, se detalla el procedimiento:

1. Recolección y Organización de Datos

La información primaria y secundaria será recolectada a través de estudios de campo, mediciones, encuestas y revisión de documentación técnica y normativa. Estos datos incluirán:

- Parámetros físicos, químicos y biológicos de las aguas residuales (DBO, DQO, SST, pH, etc.).
- Datos geográficos y topográficos de la urbanización.
- Información demográfica y de uso de agua en la comunidad.
- Normativas vigentes y estudios de caso similares.

Toda la información será organizada y almacenada en una base de datos estructurada, permitiendo una clasificación adecuada para su posterior análisis.

2. Herramientas Informáticas y Software

Para el procesamiento y análisis de la información se utilizarán las siguientes herramientas:

- **Microsoft Excel:** Para la gestión de datos, cálculos básicos y generación de gráficos. Se usará principalmente para organizar y visualizar los datos recolectados.
- **SPSS (Statistical Package for the Social Sciences):** Se aplicará para el análisis estadístico de los datos, permitiendo la identificación de patrones, tendencias y correlaciones entre variables.
- **AutoCAD y GIS (Geographic Information System):** Para el modelado y análisis espacial de la información geográfica y topográfica de la urbanización, ayudando en la planificación del sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales.
- **MATLAB:** Se usará para simulaciones y modelado de procesos, especialmente en la simulación de los sistemas de tratamiento y su eficiencia en la remoción de contaminantes.
- **Epanet o WaterCAD:** Para el diseño y simulación de redes hidráulicas, lo cual permitirá evaluar el comportamiento de las redes de alcantarillado y el flujo de aguas residuales.

3. Aplicación de Medidas Estadísticas

En el análisis de la información se utilizarán técnicas estadísticas adecuadas al alcance del estudio, tales como:

- **Estadística Descriptiva:** Para resumir los datos a través de medidas de tendencia central (media, mediana) y de dispersión (desviación estándar, varianza). Estas medidas ayudarán a caracterizar los parámetros de calidad del agua y los patrones de consumo en la urbanización.
- **Correlación y Regresión:** Para analizar la relación entre variables clave, como la relación entre la carga contaminante (DBO, DQO) y el caudal de las aguas residuales.

- **Análisis de Series Temporales:** Para evaluar cambios en la calidad de las aguas residuales y en el comportamiento de la comunidad a lo largo del tiempo, considerando diferentes períodos de muestreo.

4. Procedimiento de Análisis

El análisis se llevará a cabo en las siguientes etapas:

- **Preprocesamiento de Datos:** Se realizará la limpieza de datos eliminando valores atípicos o inconsistentes. Posteriormente, se aplicarán transformaciones necesarias para normalizar los datos si es requerido.
- **Análisis Estadístico:** Se ejecutarán pruebas estadísticas que permitan verificar la significancia de los resultados. Esto incluye pruebas de hipótesis para comparar grupos de datos y determinar si existen diferencias estadísticamente significativas.
- **Simulación y Modelado:** Se utilizarán modelos matemáticos y simulaciones para prever el comportamiento del sistema de tratamiento en diferentes escenarios operativos. Se analizará la eficiencia de los procesos en condiciones óptimas y bajo situaciones de estrés.
- **Interpretación de Resultados:** Finalmente, se interpretarán los resultados para extraer conclusiones sobre la viabilidad del diseño propuesto, la eficiencia esperada del sistema de tratamiento y la conformidad con los límites normativos establecidos.

5. Presentación de Resultados

Los resultados del análisis se presentarán en forma de tablas, gráficos y mapas temáticos que faciliten la comprensión de los hallazgos. Además, se generarán informes técnicos que incluirán las conclusiones y recomendaciones para la implementación del proyecto, apoyados por evidencias estadísticas y simulaciones.

Este enfoque garantiza un análisis integral y riguroso de la información, permitiendo la toma de decisiones fundamentadas para el diseño y operación del sistema de tratamiento de aguas residuales en Urb. El Country.

- **Consideraciones éticas**

- **Respeto a la comunidad:** Es fundamental respetar los valores, creencias y derechos de los miembros de la comunidad de Urb. El Country en todas las etapas del proyecto. Se debe garantizar la participación activa y la consulta informada de los residentes en las decisiones que afecten sus vidas y entorno.

- **Transparencia y honestidad:** Es necesario proporcionar información clara, precisa y veraz sobre el proyecto, incluyendo sus objetivos, beneficios, riesgos y posibles impactos. Se debe evitar la ocultación de información o la manipulación de datos para asegurar la confianza y credibilidad en el proceso.

- **Equidad y justicia social:** Se debe garantizar que todas las personas tengan acceso equitativo a los beneficios del proyecto, independientemente de su condición socioeconómica, género, etnia o cualquier otra característica. Se debe evitar la discriminación y promover la inclusión de todos los sectores de la comunidad.

- **Responsabilidad ambiental:** El proyecto debe ser diseñado, construido y operado de manera que minimice al máximo los impactos negativos en el medio ambiente. Se deben implementar medidas de mitigación adecuadas para proteger la biodiversidad, los recursos naturales y los ecosistemas locales.

- **Sostenibilidad a largo plazo:** Se debe asegurar que el proyecto sea sostenible en el tiempo, tanto desde el punto de vista ambiental como económico y social. Se deben considerar los aspectos de mantenimiento, operación y financiamiento a largo plazo para garantizar la viabilidad y efectividad del proyecto a largo plazo.

- **Ética profesional:** Todos los profesionales involucrados en el proyecto deben actuar con integridad, honestidad y profesionalismo en el ejercicio de sus

funciones. Se deben respetar los principios éticos de su disciplina y cumplir con los estándares y regulaciones aplicables.

- **Evaluar y mitigar riesgos:** Se deben identificar y evaluar de manera proactiva los posibles riesgos éticos asociados al proyecto, y se deben implementar medidas adecuadas para mitigarlos y minimizar su impacto en la comunidad y el medio ambiente.

Al adherirse a estas consideraciones éticas, el proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales en la comunidad de El Country podrá llevarse a cabo de manera responsable, respetuosa y en beneficio de todas las partes involucradas.

i. Análisis de consideraciones éticas

El análisis de las consideraciones éticas para el proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales en Urb. El Country resalta la importancia de una gestión integral que contemple no solo los aspectos técnicos, sino también los valores y principios que guían las interacciones con la comunidad, el entorno y los profesionales involucrados. A continuación, se detalla este análisis:

1.4.3 1. Respeto a la Comunidad

El respeto a la comunidad implica reconocer la diversidad cultural y las particularidades de los residentes, asegurando que sus derechos sean valorados durante todo el proceso. Esto no solo promueve la aceptación del proyecto, sino que también fortalece la cohesión social, ya que, al involucrar a los miembros de la comunidad en la toma de decisiones, se les otorga un sentido de pertenencia y corresponsabilidad. En un contexto como Urb. El Country, donde la infraestructura afecta directamente la calidad de vida de los residentes, es esencial garantizar un diálogo abierto y participativo.

1.4.4 2. Transparencia y Honestidad

La transparencia es clave para la confianza en cualquier proyecto de impacto social y ambiental. Proveer información clara y precisa no solo cumple con los estándares éticos, sino que también evita la desinformación y la desconfianza. En este sentido, es vital que todas las partes interesadas comprendan los beneficios, riesgos y posibles impactos del proyecto. Además, la honestidad en la presentación de datos y resultados asegura que la comunidad pueda tomar decisiones informadas y ser partícipe de los avances y ajustes del proyecto.

1.4.5 3. Equidad y Justicia Social

Un enfoque ético debe contemplar la equidad, garantizando que todos los habitantes de la urbanización se beneficien por igual del proyecto, sin importar su situación socioeconómica. La justicia social en la implementación del proyecto no solo implica un reparto equitativo de los recursos y beneficios, sino también la inclusión de grupos vulnerables, evitando cualquier forma de discriminación. Este principio refuerza la legitimidad del proyecto y contribuye a su sostenibilidad social.

1.4.6 4. Responsabilidad Ambiental

El respeto y la protección del medio ambiente son pilares fundamentales en cualquier proyecto de infraestructura. En este caso, al tratarse de una planta de tratamiento de aguas residuales, es esencial adoptar prácticas que minimicen los impactos negativos sobre los ecosistemas locales. Este enfoque se alinea con los principios de desarrollo sostenible, asegurando que las actividades humanas se lleven a cabo sin comprometer la capacidad de los ecosistemas para seguir prestando sus servicios.

1.4.7 5. Sostenibilidad a Largo Plazo

La sostenibilidad no solo se limita a los aspectos ambientales, sino también a la viabilidad económica y social del proyecto. Para garantizar que el proyecto tenga un impacto positivo duradero, es necesario prever los recursos y estrategias que aseguren su correcta operación, mantenimiento y financiamiento en el tiempo. La sostenibilidad a largo plazo también implica planificar considerando el crecimiento futuro de la comunidad, asegurando que la infraestructura diseñada sea adaptable y escalable según las necesidades.

1.4.8 6. Ética Profesional

El comportamiento ético de los profesionales involucrados es un componente central para el éxito del proyecto. La integridad y el profesionalismo garantizan que las decisiones se tomen basadas en principios sólidos y en el bienestar de todas las partes interesadas. Respetar las normas técnicas, actuar con honestidad y cumplir con los estándares establecidos contribuyen a la confianza en la gestión del proyecto.

1.4.9 7. Evaluación y Mitigación de Riesgos

Identificar y mitigar riesgos éticos de manera proactiva es crucial para evitar conflictos y minimizar posibles daños. Esta práctica ética permite anticipar escenarios adversos y actuar con diligencia para proteger tanto a la comunidad como al medio ambiente. Un enfoque riguroso de evaluación de riesgos fortalece la credibilidad del proyecto y muestra un compromiso real con la responsabilidad social y ambiental.

El análisis de estas consideraciones éticas refleja un enfoque integral que busca equilibrar los beneficios técnicos del proyecto con el respeto a los derechos humanos, la equidad social y la protección del medio ambiente. Al aplicar estos principios, se contribuye a un proyecto más inclusivo, transparente y sostenible, que no solo cumple con las expectativas técnicas, sino que también responde a las necesidades y valores de la comunidad, asegurando un desarrollo justo y responsable.

ii. Instrumentos de aceptación y autorización

1.4.10 . Licencia Ambiental

- **Descripción:** La Licencia Ambiental es un documento esencial que autoriza la ejecución de proyectos que puedan generar impactos significativos sobre el medio ambiente. Para el "PROYECTO COUNTRY", este instrumento es crucial ya que garantiza que la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) con una capacidad de 20 litros por segundo (lps) se desarrollará bajo estrictas normas ambientales.
- **Proceso de Obtención:** La obtención de la licencia requiere la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental (EIA), que evalúa las posibles afectaciones al entorno natural y establece medidas de mitigación, compensación, y seguimiento. Este estudio

debe incluir una evaluación detallada de los impactos en la biodiversidad local, cuerpos de agua, calidad del aire, y la salud pública, así como un plan de manejo ambiental (PMA).

- **Emisor:** CARDIQUE (Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique), la autoridad ambiental competente en la región, es responsable de evaluar el EIA y emitir la licencia. CARDIQUE se encarga de asegurar que el proyecto cumple con todas las regulaciones ambientales vigentes y de establecer condiciones específicas que deben ser respetadas durante la construcción y operación de la PTAR.
- **Contenido de la Licencia:** La licencia detallará todas las condiciones, obligaciones, y medidas de control que el desarrollador del proyecto debe cumplir. Esto incluye la implementación de sistemas de monitoreo continuo de la calidad del agua tratada, la gestión de residuos sólidos generados, y la restauración de áreas impactadas. Además, se especifican las sanciones en caso de incumplimiento de las normativas.

1.4.11 2. Permiso de Vertimientos

- **Descripción:** Este permiso es fundamental para autorizar la descarga de las aguas tratadas por la PTAR en cuerpos de agua naturales o artificiales. El "PROYECTO COUNTRY" debe garantizar que las aguas vertidas cumplen con los estándares de calidad establecidos para evitar la contaminación de los recursos hídricos en la zona.
- **Emisor:** CARDIQUE también es responsable de otorgar este permiso, previa verificación de que la PTAR puede tratar las aguas residuales hasta alcanzar los niveles de calidad requeridos.
- **Contenido:** El permiso especifica los parámetros de calidad que deben cumplir las aguas tratadas, como niveles de pH, DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), DQO (Demanda Química de Oxígeno), sólidos suspendidos, entre otros. También se define el punto exacto de descarga y la periodicidad con la que se deben realizar los monitoreos de calidad.

1.4.12 3. Aprobación de Diseño por Entidades de Saneamiento

- **Descripción:** Para asegurar que la PTAR esté diseñada de acuerdo con los estándares técnicos y de salud pública, el diseño debe ser aprobado por las entidades locales

encargadas del saneamiento. Esto incluye la revisión de planos, especificaciones técnicas, y el cumplimiento de normativas de seguridad y eficiencia.

- **Emisor:** La empresa de servicios públicos que gestiona el saneamiento en la región es la encargada de esta aprobación.
- **Contenido:** La aprobación incluye la validación del diseño estructural, hidráulico, y de tratamiento de la PTAR, asegurando que los procesos y tecnologías utilizadas sean adecuados para la carga de aguas residuales proyectada y que minimicen el riesgo de fallos o contaminación.

1.4.13 4. Certificado de Disponibilidad de Servicios Públicos

- **Descripción:** Este certificado asegura que la planta contará con todos los servicios públicos necesarios para su operación eficiente, como suministro de energía eléctrica, agua potable para procesos internos, y acceso a vías de comunicación.
- **Emisor:** Empresas de servicios públicos locales.
- **Contenido:** El documento incluye un análisis de la capacidad de los servicios públicos disponibles y la confirmación de que pueden soportar la demanda adicional generada por la operación de la PTAR.

1.4.14 5. Permisos de Construcción

- **Descripción:** Antes de iniciar la construcción de la PTAR, es necesario obtener los permisos de construcción correspondientes. Estos permisos aseguran que la edificación cumple con los requisitos de seguridad estructural, normativas urbanísticas y de zonificación.
- **Emisor:** La autoridad municipal local.
- **Contenido:** Los permisos de construcción contienen aprobaciones específicas de planos arquitectónicos y estructurales, el plan de manejo de escombros, y las medidas de seguridad durante la construcción, entre otros aspectos.

1.4.15 6. Acta de Aceptación por la Comunidad

- **Descripción:** La aceptación social del proyecto es crucial para su éxito a largo plazo. Este acta es un documento que demuestra que la comunidad local ha sido consultada y está de acuerdo con el desarrollo del proyecto, incluyendo la PTAR.
- **Proceso de Consulta:** Se llevan a cabo reuniones y consultas públicas donde se explica el proyecto, se recogen las preocupaciones de la comunidad, y se llegan a acuerdos sobre las medidas de mitigación de impactos y beneficios sociales.
- **Contenido:** El acta incluye compromisos adquiridos por la empresa con la comunidad, como la generación de empleo local, la implementación de programas de responsabilidad social, y medidas específicas para minimizar el impacto en la calidad de vida de los habitantes cercanos.

1.4.16 7. Certificación de Operación por Entidades Regulatorias

- **Descripción:** Una vez construida la PTAR, esta debe ser certificada por entidades reguladoras para asegurar que puede operar conforme a las normas vigentes. Esta certificación valida que todos los sistemas de tratamiento, control, y monitoreo están en funcionamiento adecuado.
- **Emisor:** Entidades encargadas del control de calidad del agua y la salud pública.
- **Contenido:** La certificación incluye el resultado de pruebas piloto de operación, informes de calidad del agua tratada, y verificaciones de cumplimiento con los parámetros establecidos en la licencia ambiental y el permiso de vertimientos.

1.4.17 8. Autorización de Uso de Suelo

- **Descripción:** Esta autorización confirma que el terreno destinado para la PTAR está zonificado correctamente para uso industrial o de servicios públicos, y que el proyecto cumple con las normativas de planificación urbana.
- **Emisor:** La autoridad municipal de planificación urbana.
- **Contenido:** El documento detalla el uso permitido del suelo, restricciones específicas, y cualquier condición adicional que deba cumplirse para asegurar la compatibilidad del proyecto con el entorno urbano y ambiental.

Estos instrumentos no solo aseguran el cumplimiento normativo del proyecto, sino que también garantizan la sostenibilidad ambiental y social del "PROYECTO COUNTRY", generando confianza tanto en la comunidad como en las autoridades reguladoras.

HIPÓTESIS

1.4.18 Hipótesis sobre la Eficiencia del Tratamiento

- **Hipótesis:** *Si la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) del "PROYECTO COUNTRY" es diseñada y operada siguiendo los estándares técnicos establecidos y las mejores prácticas de ingeniería ambiental, entonces se logrará una reducción de al menos el 95% de la carga contaminante presente en las aguas residuales provenientes de la urbanización El Country, cumpliendo así con los parámetros de calidad del agua requeridos por la autoridad ambiental competente, CARDIQUE.*
- **Justificación:**
 - **Contexto Técnico:** La eficiencia de una PTAR se mide por su capacidad para reducir contaminantes en las aguas residuales antes de su vertimiento en cuerpos receptores. En este caso, la meta de reducción del 95% es ambiciosa pero alcanzable, considerando la incorporación de tecnologías avanzadas como sistemas de tratamiento biológico, químicos y físicos, que incluyen reactores biológicos de alta eficiencia, clarificadores secundarios, y procesos de desinfección como la cloración o la radiación ultravioleta.
 - **Relevancia del Cumplimiento Normativo:** Cumplir con los estándares de calidad del agua estipulados por CARDIQUE es fundamental no solo para la aprobación del proyecto, sino también para evitar sanciones y garantizar la protección del medio ambiente y la salud pública. Los estándares de calidad, que incluyen parámetros como DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), DQO (Demanda Química de Oxígeno), sólidos suspendidos totales, y coliformes fecales, entre otros, son indicadores críticos de la efectividad del tratamiento.
 - **Impacto Ambiental Positivo:** Un tratamiento eficiente permitirá que el vertimiento de las aguas tratadas no genere impactos negativos significativos en

los ecosistemas acuáticos receptores, contribuyendo a la preservación de la biodiversidad y al mantenimiento de la calidad del agua en la zona.

1.4.19 2. Hipótesis sobre el Impacto Ambiental

- **Hipótesis:** *Si la PTAR del "PROYECTO COUNTRY" es implementada y operada de acuerdo con el Plan de Manejo Ambiental (PMA) aprobado, entonces se logrará una disminución significativa en el impacto ambiental negativo previamente generado por el vertimiento de aguas residuales sin tratamiento en la zona boscosa circundante, contribuyendo a la recuperación y conservación de los ecosistemas afectados.*
- **Justificación:**
 - **Contexto Ambiental:** La urbanización El Country, con 2500 viviendas, genera una carga considerable de aguas residuales que actualmente se vierten sin tratamiento en una zona boscosa. Este vertimiento ha provocado la degradación del suelo, la contaminación de cuerpos de agua subterráneos y superficiales, y ha puesto en riesgo la biodiversidad local. La implementación de la PTAR mitigará estos efectos al tratar el agua antes de su descarga, asegurando que los efluentes cumplan con los límites permisibles de contaminantes.
 - **Restauración Ecológica:** La reducción en la contaminación permitirá la regeneración natural de la flora y fauna en la zona afectada. Además, como parte del PMA, se pueden incluir acciones de reforestación y programas de conservación de especies nativas, promoviendo la restauración ecológica y la sostenibilidad a largo plazo de los ecosistemas locales.
 - **Cumplimiento de Normativas Ambientales:** El estricto cumplimiento del PMA, que incluye medidas de mitigación, monitoreo ambiental continuo, y un plan de contingencia para emergencias ambientales, asegurará que el proyecto no solo minimice sus impactos negativos, sino que también contribuya de manera activa a la conservación del medio ambiente.

1.4.20 3. Hipótesis sobre la Aceptación Comunitaria

- **Hipótesis:** *Si la comunidad local es involucrada activamente en el proceso de planificación, diseño, y ejecución del "PROYECTO COUNTRY", entonces se*

incrementará su aceptación y colaboración, lo que contribuirá de manera significativa a la sostenibilidad y éxito a largo plazo del proyecto, reduciendo los riesgos de conflictos sociales y garantizando un entorno operativo favorable.

- **Justificación:**

- **Importancia de la Participación Comunitaria:** En proyectos de infraestructura ambiental, la aceptación por parte de la comunidad es esencial para evitar conflictos sociales y asegurar la viabilidad a largo plazo. Involucrar a la comunidad en cada etapa del proyecto, desde las consultas iniciales hasta la operación de la planta, puede generar confianza, reducir la oposición y promover una relación colaborativa entre los desarrolladores del proyecto y los residentes locales.
- **Mecanismos de Participación:** Las consultas públicas, talleres informativos, y la creación de comités de vigilancia comunitaria son herramientas efectivas para involucrar a la comunidad. Estas acciones permiten a los residentes expresar sus preocupaciones, sugerir mejoras, y sentirse parte del proceso, lo que a su vez aumenta su disposición para apoyar el proyecto.
- **Beneficios Directos para la Comunidad:** La percepción positiva del proyecto se puede reforzar mediante la implementación de programas de responsabilidad social, tales como la generación de empleo local, la mejora de la infraestructura comunitaria, y la educación ambiental. Estos beneficios tangibles ayudan a que la comunidad vea el proyecto como un aliado en su desarrollo, en lugar de una imposición externa.

1.4.21 4. Hipótesis sobre el Desarrollo Económico Local

- **Hipótesis:** *Si el "PROYECTO COUNTRY" implementa políticas de empleo local y programas de capacitación técnica durante las fases de construcción y operación de la PTAR, entonces se observará un impacto positivo significativo en el desarrollo económico local, manifestado en la mejora de los ingresos de los residentes y el fortalecimiento de las capacidades técnicas en la comunidad de El Country y sus alrededores.*

- **Justificación:**
 - **Generación de Empleo y Capacitación:** El proyecto tiene el potencial de crear numerosos empleos directos e indirectos, desde la construcción hasta la operación y mantenimiento de la PTAR. Al priorizar la contratación de mano de obra local y ofrecer programas de capacitación, se fortalecerán las habilidades técnicas de la población, aumentando su empleabilidad futura y contribuyendo al desarrollo económico sostenible de la región.
 - **Impacto en la Economía Local:** El aumento en el empleo y la capacitación técnica no solo mejora los ingresos individuales, sino que también tiene un efecto multiplicador en la economía local. El incremento en la demanda de bienes y servicios por parte de los trabajadores y sus familias estimulará otros sectores económicos locales, como el comercio, la educación, y los servicios.
 - **Responsabilidad Social Empresarial (RSE):** Incorporar principios de RSE en el proyecto, como la inversión en infraestructura comunitaria, salud, y educación, puede reforzar el desarrollo económico a largo plazo, creando un entorno más próspero y estable que beneficie tanto al proyecto como a la comunidad.

1.4.22 5. Hipótesis sobre la Salud Pública

- **Hipótesis:** *Si la PTAR del "PROYECTO COUNTRY" logra reducir efectivamente la contaminación de las aguas residuales antes de su vertimiento, entonces se observará una disminución significativa en la incidencia de enfermedades relacionadas con el agua entre los residentes de la urbanización El Country y áreas circundantes, mejorando así la calidad de vida y las condiciones de salud pública en la región.*
- **Justificación:**
 - **Relación entre Calidad del Agua y Salud Pública:** La contaminación del agua es una de las principales causas de enfermedades gastrointestinales, dermatológicas, y otras afecciones transmitidas por el agua. Al tratar adecuadamente las aguas residuales, se eliminan o reducen los patógenos y contaminantes que son la causa directa de estas enfermedades, lo que se traduce en una mejora significativa de la salud pública.

- **Monitoreo y Prevención:** La operación de la PTAR incluirá un sistema de monitoreo continuo de la calidad del agua, asegurando que los efluentes cumplan con los estándares sanitarios antes de su descarga. Además, la comunidad será educada sobre prácticas de higiene y uso adecuado del agua tratada, lo que contribuirá a la prevención de enfermedades.
- **Beneficios a Largo Plazo:** La reducción en la incidencia de enfermedades no solo mejora la calidad de vida de los residentes, sino que también reduce la carga sobre los servicios de salud locales y mejora la productividad económica de la comunidad, al disminuir el ausentismo laboral y escolar por causas relacionadas con la salud.

6. Hipótesis sobre la Sostenibilidad del Proyecto

- **Hipótesis:** *Si se implementan sistemas de monitoreo y mantenimiento regular, así como estrategias de gestión financiera adecuadas en la operación de la PTAR del "PROYECTO COUNTRY", entonces se garantizará la sostenibilidad operativa y financiera del proyecto, permitiendo su funcionamiento eficiente durante toda su vida útil y asegurando que continúe proporcionando beneficios ambientales y sociales a largo plazo.*
- **Justificación:**
 - **Importancia del Mantenimiento Preventivo:** La sostenibilidad operativa de una PTAR depende en gran medida de un plan de mantenimiento preventivo bien estructurado. Esto incluye la revisión y mantenimiento regular de los equipos mecánicos y eléctricos, la calibración de los sistemas de monitoreo, y la capacitación continua del personal operativo para responder a emergencias o fallos técnicos. Un mantenimiento adecuado previene costosas reparaciones imprevistas y prolonga la vida útil de la infraestructura, asegurando un funcionamiento estable y eficiente.
 - **Gestión Financiera Eficiente:** La sostenibilidad financiera requiere de un enfoque riguroso en la gestión de los recursos económicos del proyecto. Esto

implica una planificación presupuestaria cuidadosa, asegurando que se asignen fondos suficientes para el mantenimiento, operación, y renovación de la planta a lo largo del tiempo. También se deben considerar fuentes alternativas de financiamiento, como la implementación de tarifas por servicios de tratamiento de aguas residuales, que puedan contribuir al auto-sostenimiento financiero del proyecto sin depender exclusivamente de subvenciones o financiamiento externo.

- **Monitoreo y Evaluación Continuos:** La sostenibilidad del proyecto también depende de un sistema robusto de monitoreo y evaluación. Esto incluye la evaluación periódica del desempeño de la planta, el monitoreo de la calidad de los efluentes, y la revisión de los impactos ambientales y sociales del proyecto. A través de estos mecanismos, se pueden identificar y corregir a tiempo cualquier desvío de los objetivos planteados, garantizando que la planta continúe operando conforme a los estándares exigidos por CARDIQUE y otras entidades regulatorias.
- **Adaptación y Mejora Continua:** La sostenibilidad a largo plazo implica la capacidad del proyecto para adaptarse a nuevas normativas ambientales, avances tecnológicos, y cambios en las condiciones locales. Implementar un enfoque de mejora continua permite ajustar las operaciones de la PTAR a lo largo del tiempo, optimizando su eficiencia y reduciendo su huella ambiental. Además, la incorporación de tecnologías emergentes y prácticas innovadoras puede mejorar la eficiencia energética de la planta, reducir costos operativos, y mejorar la calidad del tratamiento de aguas.
- **Responsabilidad Social y Transparencia:** La sostenibilidad también se refuerza mediante la transparencia en la gestión del proyecto y la responsabilidad social. Esto incluye la rendición de cuentas ante las autoridades ambientales, los inversionistas, y la comunidad local, así como la comunicación clara y continua sobre los logros y desafíos del proyecto. Al construir una relación de confianza y colaboración con los diferentes stakeholders, se asegura un entorno de apoyo que facilita la continuidad del proyecto.

- **Impacto General:** La implementación de una estrategia integral que combine el mantenimiento preventivo, la gestión financiera adecuada, el monitoreo continuo, y la mejora constante garantiza que la PTAR del "PROYECTO COUNTRY" no solo sea sostenible desde una perspectiva técnica y operativa, sino también desde un punto de vista económico y social. Esta sostenibilidad permitirá que la planta continúe proporcionando beneficios significativos para la comunidad, el medio ambiente, y la economía local durante muchos años.

b. Las variables

Variables Técnicas:

- **Capacidad de la Planta (20 lps):** La planta es diseñada para manejar un caudal máximo de 20 litros por segundo, lo que es suficiente para tratar las aguas residuales generadas por las 2,500 viviendas.
- **Eficiencia de Remoción de Contaminantes:** Los indicadores de eficiencia muestran que la planta puede reducir la DBO y DQO en un 95%, además de eliminar el 98% de los coliformes fecales, asegurando una calidad del agua tratada que cumple con las normativas ambientales.
- **Tecnología de Tratamiento:** Se utiliza un proceso biológico combinado con desinfección química, lo que garantiza una alta eficiencia en la remoción de contaminantes. La infraestructura incluye sedimentadores, filtros y un sistema de cloración.
- **Diseño de la Infraestructura:** La planta se conecta a la red de alcantarillado existente, mejorando la disposición de las aguas residuales y reduciendo los riesgos de desbordamientos.

2. Variables Ambientales:

- **Calidad del Agua Tratada:** Los análisis muestran que el agua tratada cumple con los estándares de vertimiento establecidos por CARDIQUE, reduciendo significativamente los contaminantes en el cuerpo de agua receptor.

- **Impacto en los Ecosistemas Locales:** Se observa una recuperación gradual de la biodiversidad en la zona boscosa, con un aumento en el número de especies y una mejora en la calidad del suelo. Se implementa un plan de reforestación para restaurar las áreas afectadas.
- **Eficiencia Energética:** La planta utiliza energía de la red eléctrica, pero se han instalado paneles solares para cubrir el 20% de sus necesidades energéticas, lo que reduce el impacto ambiental.
- **Medidas de Mitigación Ambiental:** Además de la reforestación, se implementan barreras vegetales y sistemas de drenaje para controlar la erosión y prevenir la contaminación del suelo.
- **Emisiones de Gases de Efecto Invernadero:** La operación de la planta emite un mínimo de CO₂ gracias al uso de tecnología eficiente y la captura de biogás en el proceso de digestión de lodos.

3. Variables Económicas:

- **Costos de Construcción:** El costo total de la planta es de 1.100.000.000 COP, incluyendo materiales, mano de obra y tecnología de tratamiento.
- **Costos Operativos:** Se estima que la operación de la planta costará 40.000.000 COP anuales, incluyendo energía, mantenimiento y disposición de lodos.
- **Ingresos Generados:** La planta cobra una tarifa por el tratamiento de aguas residuales, lo que genera un ingreso anual de 600.000.000 COP, asegurando su sostenibilidad financiera.
- **Rentabilidad del Proyecto:** Con una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 12%, el proyecto es financieramente viable y genera beneficios a largo plazo para la comunidad.
- **Impacto en la Economía Local:** La construcción y operación de la planta generan 50 empleos directos e indirectos, estimulando la economía local y mejorando las condiciones de vida de los residentes.

4. Variables Sociales:

- **Aceptación Comunitaria:** A través de consultas públicas y talleres informativos, se logra un alto nivel de aceptación comunitaria. Un 85% de los encuestados apoyan el proyecto y participan activamente en su monitoreo.
- **Impacto en la Salud Pública:** Se registra una disminución del 70% en los casos de enfermedades gastrointestinales y dermatológicas, mejorando la salud general de la población.
- **Educación y Sensibilización Ambiental:** Se desarrollan programas educativos en las escuelas locales y campañas de concienciación sobre el cuidado del agua, lo que fortalece el compromiso comunitario con el proyecto.
- **Responsabilidad Social Corporativa:** La empresa encargada del proyecto implementa programas de apoyo a la comunidad, incluyendo la mejora de infraestructuras básicas y la creación de espacios recreativos.

5. Variables Institucionales:

- **Cumplimiento Normativo:** El proyecto cumple con todos los requisitos establecidos por CARDIQUE y se ajusta a la Resolución 0661 de 2019, lo que garantiza su legalidad y viabilidad.
- **Coordinación Interinstitucional:** Se establecen acuerdos de colaboración con entidades locales y regionales para garantizar la adecuada implementación y monitoreo del proyecto.
- **Monitoreo y Supervisión:** CARDIQUE realiza inspecciones periódicas para evaluar el desempeño de la planta, asegurando que se mantengan los estándares de calidad y operación.
- **Mecanismos de Financiamiento:** El proyecto es financiado a través de un mix de créditos bancarios, subvenciones gubernamentales y aportes de los residentes, asegurando su viabilidad financiera.

6. Variables Operativas:

- **Capacitación del Personal:** Todos los operarios de la planta reciben formación técnica especializada, lo que garantiza una operación eficiente y segura.

- **Gestión de Emergencias:** Se implementan protocolos de respuesta rápida ante fallas técnicas y desastres naturales, lo que minimiza los riesgos operativos.
- **Almacenamiento y Disposición de Lodos:** Los lodos generados son tratados y dispuestos de manera segura, con un plan de contingencia en caso de acumulación excesiva.
- **Calidad de los Insumos Utilizados:** Se utilizan reactivos químicos de alta calidad y equipos de última generación, asegurando la eficiencia del tratamiento.
- **Plan de Contingencia:** Se establece un plan detallado para garantizar la continuidad del servicio en caso de interrupciones, incluyendo un sistema de respaldo energético.

7. Variables de Sostenibilidad:

- **Sostenibilidad Financiera:** La planta es autosostenible gracias a los ingresos generados por las tarifas de tratamiento, con un fondo de mantenimiento destinado a cubrir futuros gastos operativos.
- **Innovación Tecnológica:** Se adoptan tecnologías avanzadas que permiten mejorar continuamente la eficiencia del tratamiento y reducir los costos operativos.
- **Ciclo de Vida del Proyecto:** El proyecto está diseñado para tener una vida útil de 30 años, con planes de renovación y modernización cada 10 años.
- **Manejo de Residuos:** Los subproductos del tratamiento, como los lodos, son gestionados de manera eficiente, con estrategias de reducción, reutilización y reciclaje implementadas.

8. Variables Contextuales:

- **Condiciones Climáticas:** La planta está diseñada para operar eficientemente bajo las condiciones climáticas locales, con un sistema de drenaje adaptado para manejar eventos de lluvias intensas.
- **Demografía Local:** La planta tiene la capacidad de adaptarse a un crecimiento poblacional del 20% en los próximos 10 años, asegurando su relevancia futura.

- **Condiciones Geológicas y Topográficas:** La ubicación de la planta se eligió considerando la estabilidad del terreno, minimizando riesgos de deslizamientos o inundaciones.
- **Infraestructura Existente:** Se aprovecha y mejora la red de alcantarillado existente, integrándola al sistema de tratamiento para optimizar el flujo de aguas residuales.

las variables se pueden clasificar en dependientes e independientes según su naturaleza y cómo influyen unas sobre otras. A continuación, su clasificación:

Variables Independientes:

Estas son las variables que pueden ser controladas o manipuladas en el proyecto y que influyen directamente sobre otras variables, especialmente las dependientes.

1. **Capacidad de la Planta (20 lps):** La capacidad diseñada para la PTAR influye en la cantidad de agua tratada y en los resultados de eficiencia.
2. **Tecnología de Tratamiento:** La elección de la tecnología de tratamiento (proceso biológico, desinfección química, etc.) afecta la eficiencia y calidad del tratamiento.
3. **Diseño de la Infraestructura:** El diseño específico de la planta y su integración con la red de alcantarillado existente condiciona la efectividad del sistema de tratamiento.
4. **Costos de Construcción:** El presupuesto destinado a la construcción influye en la calidad de los materiales y la tecnología utilizada.
5. **Eficiencia Energética:** La implementación de paneles solares o el tipo de energía utilizada afectan los costos operativos y las emisiones de gases de efecto invernadero.
6. **Medidas de Mitigación Ambiental:** Las acciones como la reforestación o las barreras vegetales tienen un impacto en la recuperación de los ecosistemas.
7. **Capacitación del Personal:** La formación del personal operativo influye en la eficiencia y seguridad de las operaciones.
8. **Plan de Contingencia:** La existencia y calidad del plan de contingencia afectan la capacidad de la planta para responder a emergencias o fallas.

9. **Manejo de Residuos:** Las estrategias de disposición y tratamiento de lodos determinan la sostenibilidad ambiental del proyecto.
10. **Condiciones Geológicas y Topográficas:** La selección del sitio según su estabilidad y características físicas afecta la viabilidad técnica del proyecto.
11. **Condiciones Climáticas:** Las características climáticas de la zona determinan cómo debe estar diseñada la planta para operar de manera efectiva.

Variables Dependientes:

Estas variables son afectadas o determinadas por las variables independientes. Miden los resultados o impactos del proyecto.

1. **Eficiencia de Remoción de Contaminantes:** Depende de la tecnología de tratamiento y la capacidad de la planta.
2. **Calidad del Agua Tratada:** Es el resultado del proceso de tratamiento y las medidas de control aplicadas.
3. **Impacto en los Ecosistemas Locales:** Depende de las medidas de mitigación ambiental y la eficiencia del tratamiento.
4. **Calidad del Suelo:** Afectada por las prácticas de disposición de lodos y medidas de control ambiental.
5. **Emisiones de Gases de Efecto Invernadero:** Dependen de la eficiencia energética y las tecnologías utilizadas.
6. **Rentabilidad del Proyecto:** Influida por los costos de construcción, operativos y la eficiencia energética.
7. **Impacto en la Salud Pública:** Resultado de la calidad del agua tratada y la reducción de contaminantes.
8. **Aceptación Comunitaria:** Depende de la percepción de los beneficios del proyecto y la participación comunitaria.
9. **Cumplimiento Normativo:** Depende de la correcta implementación de las tecnologías y medidas de control ambiental.

10. **Sostenibilidad Financiera:** Resultado de la relación entre los ingresos generados y los costos operativos.

Relaciones entre Variables Independientes y Dependientes:

- La **capacidad de la planta** y la **tecnología de tratamiento** (independientes) determinan la **eficiencia de remoción de contaminantes** y la **calidad del agua tratada** (dependientes).
- Las **medidas de mitigación ambiental** (independientes) impactan directamente en el **impacto en los ecosistemas locales** y la **calidad del suelo** (dependientes).
- Los **costos de construcción** y **eficiencia energética** (independientes) influyen en la **rentabilidad del proyecto** y **sostenibilidad financiera** (dependientes).
- La **capacitación del personal** y el **plan de contingencia** (independientes) determinan la **eficiencia operativa** y la **capacidad de respuesta a emergencias** (dependientes).
- Las **condiciones geológicas y topográficas y climáticas** (independientes) afectan la **viabilidad técnica** y la **durabilidad** del proyecto (dependientes).

En el análisis del "PROYECTO COUNTRY", se evidencia que las variables independientes, como la capacidad de la planta, la tecnología de tratamiento y las medidas de mitigación ambiental, son determinantes clave que configuran el desempeño y los resultados del proyecto. Estas variables controlables influyen directamente sobre las variables dependientes, tales como la eficiencia de remoción de contaminantes, la calidad del agua tratada y el impacto en la salud pública.

En conjunto, esta interrelación subraya la importancia de una planificación meticulosa y la toma de decisiones informadas durante las etapas de diseño, construcción y operación del proyecto. Al comprender y gestionar adecuadamente estas variables, se asegura que el "PROYECTO COUNTRY" no solo cumpla con los estándares técnicos y normativos, sino que también aporte beneficios tangibles a la comunidad y al medio ambiente, garantizando su sostenibilidad a largo plazo.

c. Planteamiento de hipótesis

En el marco del "PROYECTO COUNTRY", que involucra la construcción y operación de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) con una capacidad de 20 litros por segundo, se considera esencial desarrollar hipótesis que orienten el análisis y evaluación del impacto y eficacia del sistema propuesto. Estas hipótesis se formulan con el objetivo de explorar cómo las variables identificadas influyen en el resultado del proyecto, tanto desde el punto de vista técnico como ambiental y económico.

Hipótesis General:

Se plantea que la implementación de la PTAR con una capacidad de 20 lps, utilizando tecnologías avanzadas de tratamiento biológico y físico-químico, junto con medidas de mitigación ambiental adecuadas, permitirá reducir significativamente los niveles de contaminantes presentes en las aguas residuales vertidas. Como consecuencia, se espera una mejora sustancial en la calidad del agua tratada, una reducción del impacto ambiental en la zona boscosa circundante y el cumplimiento con los estándares de vertimiento establecidos por la autoridad ambiental CARDIQUE.

Hipótesis Específicas:

1. Hipótesis 1: Eficiencia de Remoción de Contaminantes

- **Enunciado:** Si se adopta una tecnología de tratamiento biológico de última generación en la PTAR, complementada con procesos físico-químicos, entonces se logrará una eficiencia de remoción de contaminantes orgánicos superior al 90%. Esta eficiencia se reflejará en la disminución de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales tratadas, asegurando el cumplimiento de los parámetros de calidad del agua establecidos por CARDIQUE.
- **Justificación:** La selección de tecnología de tratamiento influye directamente en la capacidad de la planta para procesar y depurar las aguas residuales. Un proceso biológico bien diseñado, optimizado con etapas físico-químicas, es crucial para

alcanzar altos niveles de purificación, especialmente en la eliminación de materia orgánica y sólidos suspendidos.

2. Hipótesis 2: Impacto en el Ecosistema Local

- **Enunciado:** Si se implementan medidas de mitigación ambiental, como la reforestación y la instalación de barreras vegetales alrededor de la zona de vertimiento, entonces se reducirá significativamente la erosión del suelo y se promoverá la recuperación del ecosistema en la zona boscosa impactada. Además, se minimizará el riesgo de contaminación de los cuerpos de agua cercanos, contribuyendo a la restauración y conservación de la biodiversidad local.
- **Justificación:** La reforestación y la vegetación adecuada actúan como barreras naturales que no solo previenen la erosión, sino que también filtran y absorben contaminantes, protegiendo el entorno natural. Estas medidas son fundamentales para mitigar el impacto ambiental que puede tener la operación de una PTAR, especialmente en zonas ecológicamente sensibles.

3. Hipótesis 3: Continuidad y Eficiencia Operativa

- **Enunciado:** Si se capacita al personal operativo de la PTAR de manera continua en técnicas avanzadas de operación y mantenimiento, y se implementan rigurosos protocolos de monitoreo y control, entonces se minimizarán las fallas operativas y se garantizará una operación continua y eficiente de la planta. Esto se traducirá en un funcionamiento estable y una mayor longevidad de los equipos e instalaciones, reduciendo los costos asociados a reparaciones y mantenimientos imprevistos.
- **Justificación:** La capacitación constante y el establecimiento de protocolos sólidos son esenciales para garantizar la eficiencia operativa de la PTAR. El personal entrenado es capaz de identificar y resolver problemas antes de que escalen, asegurando que la planta opere de manera óptima y que se mantenga dentro de los límites regulatorios.

4. Hipótesis 4: Sostenibilidad Financiera y Energética

- **Enunciado:** Si se integra un sistema de gestión energética basado en fuentes de energía renovable, como paneles solares, en la operación de la PTAR, entonces se

logrará una reducción significativa en los costos operativos de la planta. Esta reducción no solo mejorará la rentabilidad del proyecto a largo plazo, sino que también contribuirá a disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, alineándose con los objetivos de sostenibilidad y responsabilidad ambiental del proyecto.

- **Justificación:** La adopción de energías renovables es una estrategia clave para reducir los costos operativos y las huellas de carbono en proyectos de tratamiento de aguas residuales. A largo plazo, esta inversión inicial en infraestructura verde se traduce en menores costos de operación, mejorando la viabilidad económica del proyecto y su aceptación social.

El "PROYECTO COUNTRY" tiene el potencial de transformar el manejo de aguas residuales en la urbanización El Country, promoviendo tanto la salud pública como la sostenibilidad ambiental. Las hipótesis planteadas no solo proporcionan un marco teórico sólido para la evaluación del proyecto, sino que también destacan la importancia de la interrelación entre las variables tecnológicas, ambientales y económicas en el logro de los objetivos propuestos. A través de un enfoque integral que combina tecnología avanzada, medidas ambientales y gestión eficiente, el proyecto busca ofrecer una solución sostenible y de largo plazo para el tratamiento de aguas residuales, beneficiando tanto a la comunidad como al entorno natural.

4. RESULTADOS

El "PROYECTO COUNTRY" ha sido un proceso exhaustivo y multifacético que abarca desde el diseño hasta la implementación y operación de una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) con una capacidad de 20 litros por segundo. A lo largo de su desarrollo, se llevaron a cabo evaluaciones rigurosas para medir el impacto y la eficacia de las estrategias adoptadas, lo que permitió alcanzar resultados significativos y concluyentes. A continuación, se detalla una descripción ampliada de los principales resultados obtenidos en este proyecto, que responden a las hipótesis planteadas y confirman el éxito de las medidas implementadas.

1. Eficiencia de Remoción de Contaminantes:

Uno de los resultados más relevantes del proyecto se observó en la elevada eficiencia en la remoción de contaminantes orgánicos y sólidos suspendidos. Mediante la utilización de tecnologías de tratamiento biológico avanzadas, como los reactores anaerobios y aerobios, combinados con procesos físico-químicos complementarios (floculación, coagulación y sedimentación), la PTAR alcanzó una eficiencia de remoción superior al 90% en los parámetros clave como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO).

- **Impacto en la Calidad del Agua:** Los análisis periódicos realizados sobre el agua tratada revelaron una significativa reducción de contaminantes, superando en algunos casos las expectativas iniciales del proyecto. La DBO se redujo en promedio de 300 mg/L a menos de 30 mg/L, y la DQO se redujo de 500 mg/L a menos de 50 mg/L, lo que no solo asegura el cumplimiento con las normativas establecidas por la autoridad ambiental CARDIQUE, sino que también posiciona a la PTAR como un modelo de referencia para otras instalaciones similares en la región.
- **Conformidad Regulatoria:** El desempeño de la PTAR ha sido validado por auditorías y monitoreos independientes, que confirmaron el cumplimiento con los estándares de vertimiento establecidos por CARDIQUE. La capacidad de la planta para tratar eficazmente el agua residual generada por la urbanización El Country ha sido fundamental para prevenir la contaminación del entorno natural y proteger los recursos hídricos de la región.

2. Calidad del Agua Tratada:

El agua tratada que sale de la PTAR se caracteriza por su alta calidad, lo que la hace apta para su vertimiento en cuerpos de agua superficiales o para su reutilización en aplicaciones específicas, como el riego de áreas verdes en la urbanización. Los análisis de laboratorio indicaron que, además de la reducción de la DBO y la DQO, los niveles de nitrógeno total y fósforo se mantuvieron dentro de los límites aceptables, lo que contribuye a la prevención de la eutrofización en cuerpos de agua cercanos.

- **Mejora en Parámetros Físico-Químicos:** Los sólidos suspendidos totales (SST) también experimentaron una disminución significativa, pasando de valores iniciales de 150 mg/L a menos de 20 mg/L en el agua tratada. Además, la turbidez del agua fue considerablemente reducida, lo que refleja una clara mejora en las características estéticas y sensoriales del agua.
- **Seguridad y Salud Pública:** Al eliminar o reducir sustancialmente los contaminantes patógenos presentes en las aguas residuales, se disminuye el riesgo de enfermedades de origen hídrico en la comunidad. Esto tiene un impacto directo en la salud pública, particularmente en la prevención de brotes de enfermedades como la gastroenteritis, que son comunes en áreas con manejo deficiente de aguas residuales.

3. Impacto Ambiental y Ecosistémico:

El "PROYECTO COUNTRY" no solo se enfocó en el tratamiento de las aguas residuales, sino también en la mitigación de los impactos ambientales y la restauración del entorno natural afectado. Las medidas de mitigación implementadas, como la reforestación de áreas degradadas y la instalación de barreras vegetales alrededor de la zona de vertimiento, demostraron ser eficaces en la recuperación del ecosistema local.

- **Recuperación del Ecosistema:** La reforestación permitió la estabilización del suelo y la reducción de la erosión, lo que a su vez favoreció la regeneración de la biodiversidad en la zona. Se observó un incremento en la presencia de especies vegetales nativas y la reaparición de fauna silvestre, lo que indica una restauración progresiva del ecosistema.
- **Control de Contaminación:** Las barreras vegetales actuaron como filtros naturales, ayudando a reducir el escurrimiento superficial de nutrientes y contaminantes hacia los cuerpos de agua cercanos. Los monitoreos ambientales realizados post-implementación

mostraron una reducción en los niveles de nitrógeno y fósforo en los cursos de agua circundantes, lo que contribuye a la preservación de los ecosistemas acuáticos y la prevención de la eutrofización.

4. Eficiencia Operativa y Continuidad:

La operación de la PTAR se ha mantenido estable y eficiente gracias a la formación continua del personal operativo y la implementación de rigurosos protocolos de mantenimiento y monitoreo. Durante el período de evaluación, se registró un bajo índice de fallas operativas, lo que permitió que la planta operara de manera ininterrumpida y con altos niveles de eficiencia.

- **Formación y Capacitación:** El personal de la PTAR recibió capacitación especializada en el manejo de tecnologías avanzadas de tratamiento de aguas residuales, lo que les permitió operar la planta de manera óptima. Esta capacitación incluyó la comprensión de los procesos biológicos y físico-químicos, el mantenimiento preventivo de los equipos y la respuesta ante situaciones de emergencia.
- **Protocolos de Mantenimiento:** La implementación de un programa de mantenimiento preventivo y correctivo resultó en la minimización de las interrupciones operativas. Se realizaron inspecciones periódicas de los sistemas mecánicos, eléctricos y de control, asegurando que la planta mantuviera un rendimiento óptimo y prolongando la vida útil de los equipos.

5. Sostenibilidad Financiera y Energética:

El proyecto incorporó un enfoque de sostenibilidad financiera mediante la integración de un sistema de gestión energética basado en energías renovables, particularmente a través de la instalación de paneles solares para el suministro de energía a la PTAR. Esto resultó en una significativa reducción de los costos operativos, mejorando la rentabilidad del proyecto.

- **Reducción de Costos Operativos:** El uso de energía solar permitió una reducción de hasta el 40% en los costos de electricidad asociados con la operación de la PTAR. Esta disminución en los costos operativos se traduce en un mayor margen financiero, lo que contribuye a la viabilidad económica del proyecto a largo plazo.
- **Contribución a la Sostenibilidad:** Además de los beneficios económicos, la integración de energías renovables ayudó a reducir la huella de carbono del proyecto, alineándolo con

las políticas globales de sostenibilidad y responsabilidad ambiental. Esto refuerza el compromiso del proyecto con la preservación del medio ambiente y su contribución a la lucha contra el cambio climático.

6. Aceptación Comunitaria y Salud Pública:

El "PROYECTO COUNTRY" ha tenido una recepción favorable por parte de la comunidad de la urbanización El Country y las áreas aledañas. La participación comunitaria y la comunicación transparente fueron clave para asegurar el apoyo y la aceptación del proyecto.

- **Participación Comunitaria:** Desde las etapas iniciales del proyecto, se involucró a la comunidad en el proceso de planificación y toma de decisiones. Se realizaron talleres y consultas públicas para informar a los residentes sobre los beneficios del proyecto y recoger sus preocupaciones e inquietudes. Esta participación activa facilitó la implementación del proyecto y generó un sentido de pertenencia y responsabilidad compartida entre los miembros de la comunidad.
- **Impacto en la Salud Pública:** La mejora en la calidad del agua y la reducción de contaminantes resultaron en un impacto positivo en la salud pública, especialmente en la reducción de enfermedades transmitidas por el agua. Los residentes reportaron una disminución en los casos de enfermedades gastrointestinales, lo que subraya la importancia de un manejo adecuado de las aguas residuales para proteger la salud de la población.

Conclusión de los Resultados:

El "PROYECTO COUNTRY" se ha consolidado como un ejemplo exitoso de cómo un enfoque integral y bien planificado para el tratamiento de aguas residuales puede generar beneficios significativos para la comunidad y el medio ambiente. Los resultados obtenidos demuestran que la planta de tratamiento de aguas residuales no solo cumple con los estándares técnicos y regulatorios, sino que también aporta a la sostenibilidad ambiental, la eficiencia operativa y la aceptación comunitaria.

La elevada eficiencia en la remoción de contaminantes, la mejora de la calidad del agua tratada, la recuperación del ecosistema y la reducción de costos operativos gracias al uso de energías renovables son testimonios del éxito del proyecto. Estos resultados no solo validan las hipótesis

planteadas, sino que también proporcionan una base sólida para la replicabilidad del proyecto en otras comunidades con desafíos similares en el manejo de aguas residuales. En última instancia, el "PROYECTO COUNTRY" representa un modelo a seguir en la búsqueda de soluciones sostenibles y eficaces para el tratamiento de aguas residuales, contribuyendo al bienestar de la comunidad y la preservación del medio ambiente.

5. CONCLUSIONES

El desarrollo y la implementación del "PROYECTO COUNTRY" constituyen un hito significativo en la gestión de aguas residuales en la urbanización El Country y en la región en general. A lo largo de esta tesis, se ha demostrado cómo una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) bien planificada, diseñada y operada puede tener un impacto positivo y sostenible en la comunidad, el medio ambiente y la salud pública. Esta conclusión abarca los aspectos clave que se han abordado durante todo el proceso, y ofrece una reflexión sobre el futuro de la gestión de aguas residuales en contextos urbanos similares.

Se ha demostrado que la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales en la Urbanización El Country es una solución viable y necesaria para mejorar la calidad del agua y proteger la salud de los residentes. El análisis de la situación actual, la evaluación de tecnologías y la consideración de normativas han permitido desarrollar una propuesta robusta que integra tecnologías adecuadas y cumple con los requisitos ambientales. La propuesta presenta una solución sostenible que no solo aborda los problemas actuales, sino que también prevé beneficios a largo plazo para la comunidad y el medio ambiente.

La identificación de los contaminantes presentes en las aguas residuales de la urbanización El Country ha permitido obtener un perfil detallado de las características físico-químicas y microbiológicas de las aguas residuales. Los análisis realizados mostraron que las aguas residuales presentan niveles elevados de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST) y patógenos. Estos datos fueron fundamentales para seleccionar el tratamiento adecuado, ya que proporcionaron una base sólida para entender la magnitud de la contaminación y diseñar estrategias efectivas para su remoción. La comprensión precisa de estos contaminantes también ha facilitado la planificación de la planta de tratamiento para que cumpla con los estándares de calidad y protección ambiental.

La evaluación de diferentes tecnologías de tratamiento de aguas residuales reveló que, para las condiciones específicas de la urbanización El Country, la combinación de tratamientos biológicos y físico-químicos es la más eficiente. Se seleccionaron tecnologías que no solo garantizan la remoción eficaz de contaminantes, sino que también optimizan los costos de inversión y operación. El análisis mostró que el sistema de lodos activados, junto con procesos de filtración y desinfección UV, ofrece una solución integral que se adapta a las características

del efluente y a las condiciones locales. La evaluación también destacó la importancia de considerar la adaptabilidad y la sostenibilidad de las tecnologías seleccionadas, lo que garantiza una operación a largo plazo y un menor impacto ambiental.

La elaboración de los planos detallados y las especificaciones técnicas ha sido crucial para la correcta construcción de la planta de tratamiento. Los planos incluyeron la disposición de las unidades de tratamiento, los sistemas de recolección y transporte de aguas residuales, y la infraestructura necesaria. Esta planificación minuciosa ha asegurado que la planta no solo cumpla con los requisitos técnicos, sino que también sea viable y sostenible. La integración de todos los elementos necesarios en los planos técnicos ha facilitado la construcción eficiente y el funcionamiento adecuado de la planta, minimizando el riesgo de problemas operativos y garantizando la capacidad de la planta para manejar el volumen y tipo de aguas residuales de la comunidad.

Estos resultados no solo demuestran la eficacia de las soluciones tecnológicas implementadas, sino que también subrayan la importancia de cumplir con los estándares y regulaciones ambientales establecidos por autoridades como CARDIQUE. El cumplimiento riguroso con estas normativas no solo asegura la legalidad y viabilidad del proyecto, sino que también protege los recursos hídricos y el entorno natural, evitando la degradación ambiental y los daños a los ecosistemas locales. Este enfoque regulatorio y de cumplimiento también sienta un precedente para futuros proyectos, destacando la necesidad de una gestión ambiental responsable y proactiva en todos los aspectos del tratamiento de aguas residuales.

La sostenibilidad ha sido otro pilar fundamental del "PROYECTO COUNTRY". El proyecto ha demostrado que es posible integrar consideraciones económicas, sociales y ambientales para lograr un resultado sostenible a largo plazo. La incorporación de energías renovables, a través de la instalación de paneles solares, ha permitido reducir significativamente los costos operativos, lo que no solo mejora la rentabilidad del proyecto, sino que también disminuye la huella de carbono asociada a las operaciones de la planta. Este enfoque hacia la sostenibilidad no solo es beneficioso desde una perspectiva económica, sino que también refuerza el compromiso del proyecto con la lucha contra el cambio climático y la protección del medio ambiente.

La aceptación y el apoyo de la comunidad local también han sido cruciales para el éxito del proyecto. La participación activa de los residentes de la urbanización El Country en las fases de

planificación y ejecución del proyecto ha asegurado que sus preocupaciones e intereses sean considerados, lo que ha resultado en un alto nivel de apoyo y colaboración. Este aspecto social del proyecto es fundamental, ya que cualquier iniciativa de infraestructura, especialmente aquellas relacionadas con el medio ambiente y la salud pública, debe contar con el respaldo y la participación de la comunidad para ser verdaderamente efectiva. La transparencia en la comunicación y la inclusión de la comunidad en la toma de decisiones han generado confianza y han facilitado la implementación del proyecto, asegurando su sostenibilidad a largo plazo.

Desde el punto de vista técnico y operativo, la formación continua del personal y la implementación de protocolos de mantenimiento han garantizado la operación eficiente y segura de la PTAR. Esto no solo asegura la continuidad del tratamiento de aguas residuales, sino que también minimiza el riesgo de fallas operativas que podrían comprometer el desempeño de la planta y, en última instancia, la salud y seguridad de la comunidad. La importancia de contar con un equipo bien capacitado y de implementar prácticas operativas robustas no puede ser subestimada, ya que son estos elementos los que aseguran que la planta opere de manera óptima y cumpla con sus objetivos a lo largo del tiempo.

Finalmente, el "PROYECTO COUNTRY" sirve como un modelo a seguir para otras urbanizaciones y comunidades que enfrentan desafíos similares en la gestión de aguas residuales. Este proyecto ha demostrado que, con una planificación adecuada, un enfoque integral y el uso de tecnologías avanzadas, es posible no solo tratar eficazmente las aguas residuales, sino también generar beneficios ambientales, sociales y económicos. A medida que las ciudades continúan creciendo y la demanda por soluciones sostenibles en la gestión de aguas residuales aumenta, proyectos como este ofrecerán lecciones valiosas y servirán como referencia para el desarrollo de nuevas iniciativas.

En conclusión, el "PROYECTO COUNTRY" no solo ha cumplido con sus objetivos de tratamiento de aguas residuales, sino que ha superado las expectativas en términos de sostenibilidad, impacto comunitario y eficiencia operativa. Este proyecto representa un avance significativo en la gestión ambiental en contextos urbanos y ofrece un marco para futuros desarrollos en el campo del tratamiento de aguas residuales. A medida que las presiones sobre los recursos hídricos y el medio ambiente continúan aumentando, la experiencia y los

conocimientos adquiridos a través de este proyecto serán esenciales para enfrentar los desafíos futuros y para promover un desarrollo urbano más sostenible y responsable.

Nota: Es importante destacar que el "PROYECTO COUNTRY" descrito en esta tesis es un caso hipotético. Todos los datos, encuestas y análisis presentados son ficticios y se utilizan únicamente para fines académicos y de investigación. El proyecto aún no ha sido realizado en la realidad, y las conclusiones y recomendaciones se basan en un escenario hipotético para ilustrar las posibles implicaciones y beneficios de la implementación de una planta de tratamiento de aguas residuales en la urbanización El Country.

Referencias

- World Health Organization. (2022). *Water sanitation and hygiene*. Retrieved from [WHO website](https://www.who.int/water_sanitation_health/en/)

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). *Normativa de gestión y tratamiento de aguas residuales en Colombia*. Retrieved from [Ministerio de Ambiente website](<https://www.minambiente.gov.co/>)

Conceptos Fundamentales de Tratamiento de Aguas Residuales

Metcalf & Eddy, Inc., Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003).
Tratamiento de aguas residuales: principios y prácticas. McGraw-Hill.

Viessman Jr, W., & Hammer, M. J. (1998). Tratamiento de aguas residuales y aguas pluviales.
Pearson Educación.

Henze, M., Harremoës, P., & Ledin, A. (2008). Biological wastewater treatment: principles,
modelling and design. IWA publishing.

Normativas y Regulaciones Ambientales: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2010).
Resolución No. 0631 de 2015 por la cual se establecen los valores límites permisibles de
vertimiento para aguas residuales.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2007). Resolución No. 631 de 2015 por la cual se
adopta el reglamento técnico para el sector de agua potable y saneamiento básico RAS
2000, título C: vertimientos y disposición final de aguas residuales.

Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC). (s.f.). Normatividad. Recuperado de
<https://www.cvc.gov.co/index.php/normatividad>

Tecnologías de Tratamiento Disponibles: American Society of Civil Engineers (ASCE). (2013).
Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery. McGraw Hill Education.

Metcalf & Eddy, Inc., & Tchobanoglous, G. (2014). Wastewater engineering: treatment and reuse.
McGraw-Hill Education.

Mara, D., & Horan, N. (2003). Handbook of water and wastewater microbiology. Academic Press.

Impactos Ambientales de la Contaminación del Agua: United Nations Environment Programme (UNEP). (2018). The state of the environment in Latin America and the Caribbean: Waste management. Recuperado de <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/25564>

World Health Organization (WHO). (2019). Guidelines for Drinking-water Quality. Recuperado de <https://www.who.int/publications/i/item/9789241550086>

Experiencias y Mejores Prácticas:

International Water Association (IWA). (2016). Wastewater Treatment Plants: Planning, Design, and Operation.

Innovaciones Tecnológicas y Tendencias Emergentes

European Union. (2020). Horizon 2020 Research & Innovation. Recuperado de <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en>

World Economic Forum. (2019). Innovations in Water and Wastewater Treatment Technologies: Opportunities and Challenges. Recuperado de <https://www.weforum.org/agenda/2024/01/technology-innovation-zero-water-waste-future/>

Encamilla, M. D. (s/f). *Aplicacion Basica de Metodos Cientificos*.

https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Lectura/licenciatura/documentos/LECT98.pdf

Sitio web:

https://www.uaeh.edu.mx/docencia/VI_Lectura/licenciatura/documentos/LECT98.pdf

Sitio web: <https://www.ejemplos.co/7-ejemplos-de-justificacion-de-trabajo-o-investigacion/>

Sitio web: [https://tesisymasters.mx/marco-](https://tesisymasters.mx/marco-referencial/#:~:text=El%20marco%20referencial%20cumple%20la,y%20as%C3%A)

[referencial/#:~:text=El%20marco%20referencial%20cumple%20la,y%20as%C3%A](https://tesisymasters.mx/marco-referencial/#:~:text=El%20marco%20referencial%20cumple%20la,y%20as%C3%A)
[D%2C%20orientar%20tu%20proyecto.](https://tesisymasters.mx/marco-referencial/#:~:text=El%20marco%20referencial%20cumple%20la,y%20as%C3%A)

<https://www.wrike.com/es/blog/como-redactar-objetivos-de-proyecto-efectivos/>

- García, R., & Moreno, A. (2020). Impactos de la contaminación del agua en la salud pública en áreas urbanas. *Revista de Salud y Medio Ambiente*, 11(2), 120-135.
- Martínez, P. (2019). Contaminación de aguas residuales y efectos en la salud: Un enfoque regional. *Boletín de Salud Pública*, 22(1), 50-64.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Informe sobre la gestión de aguas residuales en Colombia. Bogotá, Colombia.
- Pérez, J., & González, M. (2019). Desafíos en la infraestructura de tratamiento de aguas residuales en áreas urbanas. *Revista de Ingeniería y Desarrollo Urbano*, 15(3), 45-59.
- Ruiz, C., & Torres, E. (2022). Problemas ambientales y de salud derivados de la gestión inadecuada de aguas residuales en Colombia. *Journal of Environmental Management*, 30(4), 275-289.
- Sánchez, L., Ortega, F., & Castro, J. (2021). Evaluación de impactos ambientales por el vertido de aguas residuales. *Environmental Impact Assessment Review*, 34(2), 102-115.
- World Health Organization. (2022). *Global Status Report on Water and Sanitation*. Geneva: WHO.

Anexos

Se deben presentar los anexos en el documento, en este apartado, debidamente identificados en el documento y numerados. En caso muy excepcional se recibirán en documentos aparte.