



**UNIVERSIDAD DE ORIENTE
NÚCLEO DE BOLÍVAR
ESCUELA DE CIENCIAS DE LA TIERRA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO
DE AGUAS RESIDUALES, EN BOMBAS CLOACAS, SECTOR
ALAMEDA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO,
CIUDAD BOLÍVAR – ESTADO BOLÍVAR**

**TRABAJO FINAL DE GRADO
PRESENTADO POR LOS
BACHILLERES RAY DANIEL
PACHECO ARCILA Y ZAIDA
CATHERINE DE MARCHI
BERMUDEZ PARA OPTAR AL
TÍTULO DE INGENIERO CIVIL**

Ciudad Bolívar, abril de 2023

ACTA DE APROBACIÓN

Este Trabajo de Grado, titulado **PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, EN BOMBAS CLOACAS, SECTOR ALAMEDA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, CIUDAD BOLÍVAR – ESTADO BOLÍVAR** presentado por los bachilleres: **RAY DANIEL PACHECO ARCILA** y **ZAIDA CATHERINE DE MARCHI BERMUDEZ**, ha sido aprobado de acuerdo a los reglamentos de la Universidad de Oriente, por el jurado integrado por los profesores:

Nombre:

Firma:

Prof. Enyluz Rondón

(Tutor)

Prof.

(Jurado)

Prof.

(Jurado)

Jefe del Departamento de Ingeniería Civil

Ciudad Bolívar __ de ____ 2023.

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico principalmente a mi madre por el amor y apoyo brindado durante el transcurso de mi carrera, a mi hermano Leobaldo Jiménez por ser una figura paterna para mí y también fue una pieza clave en todo este proceso a Cenobia Linero por ser una segunda madre para mí por guiarme y aconsejarme en los momentos más cruciales de mi vida, a ustedes tres les debo mi vida y un poco más.

A mi Hermanita Lilian Jiménez que me apoyo moralmente con sus consejos, y compartió sus experiencias vividas para hacerme más fácil el viaje en el transcurso de todo mi ciclo universitario

A mi tía Milagros Arcila quien me ha acompañado desde el inicio de mi carrera y siempre me ha regalado mucha sabiduría para enfrentarme diferentes batallas en mi vida.

También quiero dedicarles este logro a mis seres amados que desde el cielo siempre me han estado acompañado y siguen ahí regalándome muchas bendiciones diarias.

A todos mis compañeros universitarios los cuales se han convertido en más que compañeros, se han convertido en amigos y muchos más que eso en familia, Jhozaida Gonzales, Zaida De Marchi, Jesús Samuel Rincón, Yohanna Morillo, Ángel Piñero, Ezequiel Hernández, Ángel Rojas, Noel Lizardi gracias por su apoyo incondicional por su comprensión en los momentos difíciles, ayudarme en los momentos más necesarios y ver todo desde otro punto de vista, hicieron de mi vida universitaria una buena época.

Ray Pacheco

A mi familia, especialmente a mi padre Valerio J. De Marchi y mi madre Rina C. Bermúdez. Por ser el principal apoyo que me sostuvo todo este tiempo, a ustedes dos les debo la vida y un poco más, y me faltaran años para devolverles todo el amor que me han brindado. A mi tía Catherine Martínez por ser esa segunda madre siempre pendiente de mí, apoyándome y cuidándome, a mi tía Zaida, a mis abuelas que siempre me han dado apoyo incondicional, a mis hermanos Ángela y Franco, por aportar su apoyo y comprensión, su paciencia sus consejos y su compañía en esta travesía que apenas comienza, espero seguir contando con ustedes.

A mis amigos por acompañarme todo este tiempo, por su comprensión en los momentos difíciles, ayudarme a dar un paso atrás y ver todo desde otro punto de vista, hicieron de mi vida universitaria una buena época.

Zaida De Marchi

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quiero darle gracias a “Dios” porque a pesar de las batallas personales y el montón de eventualidades en el transcurso de la carrera, siempre estuvo acompañándome y solucionando cada cosita que se me presentaba.

A mi Madre María Arcila, que siempre me ha brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ella con su amor me ha impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades. También hizo un excelente papel de padre brindándome el soporte material y económico para poder concentrarme en los estudios y nunca abandonarlos. También un agradecimiento especial a mi hermano mayor Ender Jiménez y su esposa Cenobia Linero que han sido mis segundos padres, y siempre me han brindado un apoyo incondicional en todas las etapas de mi carrera, a mi hermana Lilian Jiménez por siempre estar apoyándome en cada momento con cada uno de sus consejos.

A mi hermano Leonardo Jiménez quien desde el cielo me ha acompañado en cada paso de mi vida y fue mi guía y principal motivador para hacer todo lo que me eh propuesto en la vida, cada logro también se lo debo a él, sé que estas orgulloso de quien me eh convertido hoy día. A mi Tía Milagros Arcila que es como una segunda madre para mí, por siempre estar pendiente de mí, apoyándome y aconsejándome.

Le agradezco profundamente a mi tutor Enylus Rondón por su dedicación y paciencia, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevaré grabados para siempre en la memoria en mi futuro profesional. Todos mis compañeros los cuales muchos de ellos se han convertido en mis amigos, cómplices y hermanos.

Por último, agradecer a la Universidad De Oriente que me ha exigido tanto, pero al mismo tiempo me ha permitido obtener mi tan ansiado título.

Ray Pacheco

A mi padre Valerio J. De Marchi y mi madre Rina C. Bermúdez, a mi segunda madre Catherine Martínez, a mis abuela Matilde Rodríguez y Adela Bermúdez, mi tía Zaida Martínez y a mis Hermanos Angela y Franco que siempre me brindaron su ayuda cuando la necesite.

A la Universidad de Oriente por abrirme sus puertas y concertarse en mi Alma Mater, por darme herramientas para seguir avanzando y enseñarme que no existen imposibles.

A nuestro asesor académico el profesora Enyluz Rondon por sus consejos, ayuda y colaboración prestada para la realización de nuestro proyecto de grado.

A mi compañero de tesis Ray Pacheco por ayudarme a dar este último paso y abrir un camino que empezaremos a recorrer a partir de ahora como colegas.

A mis amigos que me han acompañado y apoyarme a lo largo de la carrera.

Zaida De Marchi

RESUMEN

El objetivo general de la presente investigación fue proponer el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, en Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar. Para lo cual se realizó una investigación de tipo descriptiva y proyecto factible, con diseño de campo; empleando las técnicas de observación directa y las listas de cotejo y el cuestionario como instrumentos. Se concluye que las aguas servidas producidas en el Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar; aunque se cuenta con poca información, dada las pocas investigaciones realizadas, especialmente por parte de entidades gubernamentales; se identifica situación de elevado riesgo para la población, por cuanto las aguas servidas son vertidas sin previo saneamiento, al afluente del Río Orinoco y la Estación Bombas Cloacas recolecta alrededor del 60% del total de aguas servidas locales y en donde, los estudios químicos y bacteriológicos que se han realizado, han evidenciado presencia en niveles no aceptables para aguas de consumo o contacto humano, de bacterias, minerales y agentes contaminantes que implican riesgo importante de salubridad no solo para los habitantes locales, sino para los de las comunidades aledañas al Río Orinoco, a nivel nacional. Igualmente, dentro de las consideraciones para establecer la planta de tratamiento, se identificó un coeficiente de escorrentía de 0,26 por el tipo de zona para su establecimiento; además de proponer la fórmula de Manning, y de caudal máximo, medio y mínimo para el cálculo del movimiento de aguas que podría presentarse en la planta de tratamiento; además de proyectarse una media de aguas servidas de 250 l/h para el año actual y de 350 l/h para próximos años. Se recomienda oportuno, considerar las especificaciones señaladas en el Capítulo VI del presente estudio, a fin de evaluar el establecimiento de la planta de tratamiento de aguas servidas propuesta.

CONTENIDO

	Pág.
HOJA DE APROBACIÓN	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vii
CONTENIDO	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABLAS	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: SITUACIÓN A INVESTIGAR	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Objetivos de la investigación.....	6
1.2.1. Objetivo general.....	6
1.2.2. Objetivos específicos.....	6
1.3. Justificación de la investigación.....	7
1.4. Alcance de la investigación.....	8
CAPÍTULO II: GENERALIDADES	9
2.1. Ubicación del estudio.....	9
2.2. Características de la zona en estudio.....	10
CAPÍTULO III: MARCO TEÓRICO	13
3.1. Antecedentes de la investigación.....	13
3.2. Bases teóricas.....	18
3.2.1. Aguas servidas y/o residuales.....	18
3.2.2. Características de las aguas servidas y/o residuales.....	21
3.2.3. Plantas de tratamiento de aguas servidas.....	33
3.2.4. Tratamiento de aguas residuales por medios químicos.....	34
3.2.5. Fases del tratamiento de aguas residuales.....	35
3.2.6. Planta de tratamiento de lodos activados.....	42

3.3. Bases legales.....	45
3.4. Sistema de variables.....	48
3.4.1. Operacionalización de variables.....	50
3.5. Definición de términos básicos.....	51
CAPITULO IV: METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	53
4.1. Tipo de investigación.....	53
4.2. Diseño de la investigación.....	54
4.3. Población y muestra.....	55
4.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	57
CAPITULO V: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN	
DE RESULTADOS.....	59
CAPÍTULO VI: LA PROPUESTA.....	89
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	100
Conclusiones.....	100
Recomendaciones.....	103
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104
ANEXOS.....	108

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
2.1: Esquema conceptual del proceso de compostaje.	44
5.1: Distribución porcentual sobre la implementación de medidas para proteger las fuentes de aguas naturales.....	59
5.2: Distribución porcentual respecto a si existen mecanismos de tratamiento de aguas servidas en la localidad	67
5.3: Distribución porcentual respecto a los medios utilizados para el tratamiento de las aguas servidas en la localidad	67
5.4: Puntos de muestreo en el Rio Orinoco.....	68
5.5: Evidencia de descarga de aguas servidas en el afluente del Río Orinoco.....	69
5.6: Evidencia de descarga de aguas servidas en el afluente del Río Orinoco.....	67
5.7: Localización de la Estación Bombas Cloacas.....	68
5.8: Estado actual de las edificaciones en la Estación Bombas Cloacas.....	69
5.9: Estado actual de las edificaciones y equipos en la Estación Bombas Cloacas	71
5.10: Estado actual de las edificaciones y equipos en la Estación Bombas Cloacas ..	72
5.11: Estado actual de las edificaciones y equipos en la Estación Bombas Cloacas ..	73
5.12: stado actual de las edificaciones y equipos en la Estación Bombas Cloacas.....	74
5.13: Estado actual de las edificaciones y equipos en la Bombas Cloacas	77
5.14: Coeficientes de Escorrentía según condiciones de cada zona.....	87
5.15. Vertederos de agua desde la Estación Bombas Cloacas.....	74
5.16. Matriz Ishikawa de la situación actual en la Estación Bombas Cloacas.....	77

5.17. Coeficientes de Escorrentía según condiciones de cada zona.....	
6.1: Edificaciones localizadas en el terreno propuesto para la instalación de la planta de tratamiento en la Estación o Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda	89
6.2: Terreno propuesto para la instalación de la planta de tratamiento adyacente a la Estación o Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda.....	90
6.3: Terreno propuesto para la instalación de la planta de tratamiento adyacente a la Estación o Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda.....	90
6.4: Plano de distribución de la planta de tratamiento propuesta.....	91
6.5: Interior de la caja derivadora para la planta de tratamiento propuesta	92
6.6: Modelo del desarenador para la planta de tratamiento propuesta.....	93
6.7: Modelo del desarenador para la planta de tratamiento propuesta.....	93
6.8: Modelo del cárcamo de bombeo para la planta de tratamiento propuesta.....	94
6.9: Modelo del Reactor anaerobio híbrido para la planta de tratamiento propuesta ..	95
6.10: Modelo de Tanque de secado de lodos y tanque de lixiviados para la planta de tratamiento propuesta	96
6.11: Modelo de Tanque de secado de lodos y tanque de lixiviados para la planta de tratamiento propuesta	96
6.12: Modelo de Tanque distribuidor para la planta de tratamiento propuesta.....	97
6.13: Modelo de Caseta de control de maniobras para planta propuesta	98
6.14: Modelo de tanque de almacenamiento de aguas tratadas para planta propuesta	99
6.15: Modelo de enrejado para la planta de tratamiento propuesta.....	99

LIS xi **E TABLAS**

	Pág.
2.1: Características físicas, químicas y biológicas del agua residual.....	20
2.2: Características físicas, químicas y biológicas del agua residua.....	21
2.3: Clasificación de los Microorganismos	28
2.4: Agentes infecciosos potencialmente presentes en el agua residual	32
2.5: Organismos indicadores para la determinación de los criterios de rendimiento para diferentes usos del agua	33
2.6: Operacionalización de las variables	50
5.1: Indicadores bacterianos de las muestras del rio Orinoco, tramo Ciudad Bolívar.	64
5.2: Situación actual de las aguas servidas en la Estación Bombas Cloacas	75
5.3: Subtipos de aguas para uso doméstico e industrial que requieren agua potable..	84
5.4: Límites y rangos de las aguas luego del tratamiento en la planta propuesta	84

INTRODUCCIÓN ^{xii}

Si bien es cierto que, en la actualidad existen numerosos mecanismos de tratamiento de las aguas residuales, a fin de ser saneadas para nuevos usos o simplemente a fin de evitar la contaminación que provocan los vertidos líquidos en cuerpos de agua como ríos, lagos y lagunas; aun en la actualidad en Venezuela, persiste este proceso donde las aguas provenientes de las actividades humana tanto industriales como domésticas, así como las producidas por las lluvias en diferentes centros poblados, se vierten de forma directa desde unidades recolectoras, a los cuerpos de agua.

Esta situación, representa no solo el perjuicio evidente a los cuerpos de agua a nivel nacional, a los ecosistemas acuáticos; sino también es el origen de diferentes riesgos a los que se enfrentan los habitantes de las comunidades aledañas e inclusive aquellas con contacto ocasional con estas fuentes naturales de agua contentivas de los residuos líquidos, sólidos y químicos que componen las aguas servidas en una localidad; significando una constante, persistente e incremental exposición a agentes que, comprobadamente afectan la salud en diferentes maneras, bien por daños en la piel y mucosas; o por la expulsión de gases tóxicos, además de la contaminación propia de las aguas y de sus productos, como los peces, que en diversa medida, son empleados para el consumo humano de parte de estos pobladores cercanos a los afluentes de agua.

Tal es el caso de las aguas servidas vertidas en el Rio Orinoco de Ciudad Bolívar – estado Bolívar; específicamente las provenientes del Casco Histórico de la localidad y del sector de la Alameda y adyacencias; que son vertidas sin ningún tipo de saneamiento o tratamiento previo, al Rio, desde la Estación o Unidad Bombas Cloacas, localizada precisamente en el Sector La Alameda de la Ciudad; el cual, en funcionamiento pleno, bombea alrededor de 1000 l/s desde la Estación a través de las tuberías que se vierten directamente hasta las aguas del Rio Orinoco.

Cabe destacar que, la ausencia de instalaciones para el saneamiento de las aguas de la localidad bolivarenses, es una situación que data de tiempo atrás, inclusive cuando se instalaron y colocaron en marcha a nivel nacional, alrededor de 52 plantas de primer orden para el proceso de tratamiento de las aguas servidas a nivel nacional y que, sumadas a las plantas para atender a pequeñas poblaciones, sumaban alrededor de 270 unidades en todo el territorio, pero que, en Ciudad Bolívar, no poseían presencia, siendo la más cercana a la localidad, la que se encuentra en la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB), localizada en la Ciudad de Puerto Ordaz.

En este sentido, el objetivo general del presente trabajo de investigación, fue proponer el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, en Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar; con la finalidad de coadyuvar en los esfuerzos para alcanzar el acceso de la población a fuentes de agua de forma general, además de procurar establecer las bases para el establecimiento de una Unidad que disminuya el nivel de contaminación del Río Orinoco, que constituye un afluente de agua primordial en el sistema hídrico venezolano y que no solo tiene presencia en el estado Bolívar, sino en los llanos y zonas aledañas, por lo que no solo se beneficiarán los habitantes locales, sino todos aquellos que tienen contacto directo y constante u ocasional, con esta fuente de agua nacional.

La investigación, se realizó con una metodología descriptiva y propositiva, con un diseño de campo y, se estructura por capítulos; donde: Capítulo I, consiste en el planteamiento del problema; luego, Capítulo II, se refiere a las generalidades del entorno estudiado; seguidamente, el Capítulo III, comprende el marco teórico que fundamenta el estudio; para luego, en el Capítulo IV presentar el enfoque metodológico; y, en el Capítulo V, realizar el análisis e interpretación de los resultados obtenidos con la investigación y en el Capítulo VI, presentar la propuesta de. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones de la investigación; así como las referencias bibliográficas y los anexos que la sustentan.

CAPÍTULO I

SITUACIÓN A INVESTIGAR

1.1 Planteamiento del Problema

Al pensar en el agua que hay en el mundo, a todos se les viene la imagen del planeta azul cubierto por los océanos, con lo que se tiene la sensación de que hay agua de sobra. Sin embargo, esto no es del todo cierto; tal como lo sostiene la Organización de las Naciones Unidas (ONU), en marzo del 2022, aproximadamente 2.200 millones de personas no tienen acceso al agua potable en la tierra.

Esto, pese a que el 70% de la superficie de la tierra esta cubierta de agua; lo que significa que en el mundo hay unos 1.386 millones de kilómetros cúbicos de agua, una cantidad que se mantiene igual desde hace dos mil millones de años, pero más del 97% de ella es salada y apenas el 2.5% es dulce; y de esta, solo el 0.01% del agua dulce se encuentra en ríos y lagos, mientras que el 0.5% de agua dulce disponible se halla depósitos subterráneos o acuíferos.

En los últimos años la crisis hídrica se ha agravado a escala mundial debido a que el consumo humano de agua dulce ha crecido a mayor ritmo que la producción natural del recurso. Esto podría causar que en ocho años la demanda global del líquido supere en 40% la capacidad de abastecimiento que se calcula tendrá los cuerpos naturales de agua para ese entonces, ha advertido la ONU para Latinoamérica, donde tres cuartas partes de las aguas fecales o residuales vuelven a los ríos y otras fuentes hídricas, creando un serio problema de salud pública y para el medio ambiente, También hay serias implicaciones ecológicas. Latinoamérica es una de las regiones más biodiversas del mundo y es dueña nada menos que de un tercio de las fuentes de agua del mundo; por lo que, la contaminación atenta contra ese orden.

Sin embargo, y de acuerdo con el Informe del Programa Mundial de los Recursos Hídricos de la ONU; se determinó que la proporción de aguas servidas tratadas varía según la renta de los Estados; observándose una enorme brecha, ya que, en las naciones ricas el 70% de las aguas servidas son tratadas, descendiendo a alrededor del 38% a 28% en naciones con ingresos medios-altos y medios-bajos, respectivamente y, finalmente, en los países pobres el porcentaje de aguas que reciben tratamiento, se reduce hasta llegar a solo un 8% del total de aguas servidas.

En el caso de Venezuela, si bien en 1999 – 2000, realizaba tratamiento a alrededor del 35% de las aguas servidas; actualmente esta cifra se ha reducido alrededor del 28% de las aguas servidas; siendo el porcentaje restante vertido sin ningún tratamiento a los cuerpos de aguas, se cuenta con grandes masas de agua que de manera provisional ha de contar con un cuerpo de agua muy caudaloso.

En este mismo sentido, se debe destacar que, en esos años de 1999 - 2000, se encontraban en el país, una red de plantas de tratamiento de las aguas servidas de aproximadamente 52 centrales de primer orden localizadas en 14 estados del país, cuyos caudales superaban los 100 litros por segundo, y que se encontraban ubicadas en las zonas estratégicas que tenían mayor relevancia hídrica; como es el caso del estado Nueva Esparta, que contaba con 11 plantas a fin de proteger el frente costero y en el Zulia se encontraban al menos 32 centrales, para tratar las aguas tanto de origen domiciliario, como industrial y petrolero, todo ello, antes de que fuesen vertidas en la cuenca del Lago de Maracaibo; sin embargo, en el año 2021 – 2022, existían fallas en alrededor del 60% de todas esas plantas de tratamiento de aguas servidas en el país.

En este contexto, el caso de Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco; representa una circunstancia que te permiten resolver solo artificialmente el problema de las aguas servidas, dado que, en esta población, solo hay una superestructura que permite canalizar las aguas servidas de toda la población, hasta un único centro de

acopio, desde donde se bombea directa, y sin ningún procedimiento previo, hasta verterse en el Rio Orinoco.

Esta situación, por si sola, sin descender a detalles técnico científico, representa una situación ambiental crítica; ya que se trata de todo el caudal de aguas negras, con toda su carga bacteriológicamente patológica, su potencial de perjuicio sobre toda la vida silvestre acuática, y con toda su condición fétida; vertidas directamente sobre este importantísimo rio, que además de estar en las zonas pobladas de la localidad, e igualmente, rio abajo circunda las riberas de un sin número de poblaciones, cuya densidad demográfica cada día es más importante.

Sin embargo, el transitar de este rio transcurre con una aparente normalidad, lo cual juega en contra de su propia salubridad, pues, todo su drama ecológico sucede oculto en las entrañas misma de su cuerpo tan imponente, y no ha significado acciones gubernamentales ni privadas para resolver la problemática pese a que si bien es aparentemente invisible, sus perjuicios alcanzan a todos los habitantes sin tener conciencia de ello.

En ocasión de lo señalado anteriormente, surge la necesidad de realizar la presente investigación, con el propósito de proponer el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, en Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar; para lo cual, se espera dar respuesta a las siguientes interrogantes:

¿Cuáles son las características de las aguas servidas producidas en el Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar?

¿Cuál es la situación actual de las aguas servidas en la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar?

¿Qué condiciones son requeridas para el establecimiento de una planta de tratamiento de aguas servidas en la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar?

¿Cuáles deben ser los parámetros para el diseño de una planta de tratamiento de aguas servidas ubicada en la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar?

1.2 Objetivos de la Investigación

1.2.1. Objetivo General

Proponer el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, en Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Identificar las características de las aguas servidas producidas en el Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.
2. Detallar la situación actual de las aguas servidas en la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.
3. Establecer las condiciones requeridas para el establecimiento de una planta de tratamiento de aguas servidas en la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.

4. Señalar los parámetros para el diseño de una planta de tratamiento de aguas servidas ubicada en la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.

1.3 Justificación de la investigación

La falta de plantas de tratamiento para las aguas residuales en las ciudades, industrias, hoteles, explotaciones mineras, agrícolas y ganaderas, ocasiona grandes desechos de aguas contaminadas que hacen mucho daño al medio ambiente; además de las consecuencias sobre la población que se encuentra cercana e inclusive inmersa en el recorrido de los ríos, lagos y lagunas en donde se vierten generalmente, estas aguas residuales.

Debido a ello, en las últimas décadas el mundo ha venido mostrando preocupación y está tratando de resolver los problemas relacionados con la disposición de los efluentes líquidos provenientes del uso doméstico, comercial e industrial de las aguas de abastecimiento; en donde la primera prioridad que demanda una comunidad es el suministro del agua, con calidad adecuada y cantidad suficiente. Ya logrado este objetivo, surge otro no menos importante que consiste en la adecuada eliminación de las aguas ya utilizadas que se convierten en potenciales vehículos de muchas enfermedades y trastorno del medio ambiente.

Las fuentes de agua, han sido incapaces por sí mismas para absorber y neutralizar esta carga contaminante, y por ello estas masas de agua han perdido sus condiciones naturales de apariencia física y su capacidad para sustentar una vida acuática adecuada, que responda al equilibrio ecológico que de ellas se espera para preservar los cuerpos de agua. Como resultado, pierden aquellas condiciones mínimas que les son exigidas para su racional y adecuado aprovechamiento como fuentes de abastecimiento de agua, como vías de transporte o fuentes de energía.

Las aguas de desecho dispuestas en una corriente superficial (lagos, ríos, mar) sin ningún tratamiento, ocasionan graves inconvenientes de contaminación que afectan la flora y la fauna. Estas aguas residuales, antes de ser vertidas en las masas receptoras, deben recibir un tratamiento adecuado, capaz de modificar sus condiciones físicas, químicas y microbiológicas, para evitar que su disposición cause los problemas antes mencionados.

El grado de tratamiento requerido en cada caso para las aguas residuales deberá responder a las condiciones que acusen los receptores en los cuales se haya producido su vertimiento, dada la necesidad expuesta, se plantea la propuesta de una planta de tratamiento de aguas servidas en la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Ciudad Bolívar Estado Bolívar; con el fin de contribuir a la solución de la problemática existente en cuanto al saneamiento de las aguas residuales del sector Esta propuesta debe ser diseñada con el objetivo de convertir el líquido cloacal proveniente del uso de las aguas de abastecimiento, en un efluente final aceptable para ser vertido nuevamente al Rio Orinoco.

Esta investigación, además, permitirá poner en práctica los conocimientos teóricos y prácticos obtenidos durante los estudios universitarios y podrá ser empleada como consulta para los estudiantes, tanto de la Universidad de Oriente (UDO), como en otras instituciones educativas de la región.

1.4 Alcance de la investigación

Como delimitación espacial de la presente investigación se considera el diseño de una planta de tratamiento de aguas servidas, en la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar. En relación a la delimitación temporal, el estudio corresponde a información obtenida en el período 2022 y I Trimestre 2023.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES

2.1 Ubicación del estudio

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística de la República Bolivariana de Venezuela (INE) (2022), Ciudad Bolívar se encuentra ubicada en la región suroriental del país, o sea en la Guayana venezolana, su nombre obviamente se debe como homenaje a El Libertador Simón Bolívar. Sus límites: al norte, separado por el Orinoco, con los estados, Delta Amacuro, Monagas, Anzoátegui y Guárico; al sur con la República del Brasil y el estado Amazonas; al este con el estado Delta Amacuro y la Zona en Reclamación que nos separa con la República de Guyana y al oeste, con los estados Apure y Amazonas.

El estado Bolívar es el estado más grande de la República Bolivariana de Venezuela y abarca una gran superficie de 242.801 km² lo que representa el 26,49 % del total nacional. La geografía del estado Bolívar es la siguiente: el estado Bolívar se ubica al sureste de Venezuela, tiene una vegetación selvática y tiene clima de sabana, el estado es limitado en mayoría por el río Orinoco. Este delimita con varios estados de Venezuela y con las repúblicas de Guyana y Brasil. En cuanto a su localización geográfica; las coordenadas de Ciudad Bolívar son 03° 23'48''; 08° 23'48'' de latitud norte y 60° 16'00''; 67° 47'00'' de longitud oeste.

Limita al norte con el río Orinoco y los estados Delta Amacuro, Monagas, Anzoátegui y Guárico; al sur con la República Federativa del Brasil; al suroeste con el estado Amazonas; al este con el territorio de la Guayana Esequiba, en disputa con la República Cooperativa de Guyana y al oeste con el estado Apure. En un relieve comprendido entre el escudo guayanés pueden reconocerse tres grandes paisajes: el de

las sábanas y montañas bajas aisladas orinoquenses, el montañoso dominado por las cumbres tabulares de los Tepuyes y los valles¹ de los afluentes del Orinoco y las tierras bajas y en parte sabaneras del Yuruari, limitadas al este por la serranía del Imataca.

2.2 Características de la zona en estudio

2.2.1 Suelo

Los suelos del estado Bolívar de acuerdo con INE son variados, al Norte se encuentran suelos pocos desarrollados, al Sur se presentan muy mineralizados con baja fertilidad y en el piedemonte de Imataca con alto contenido de materia orgánica. La vegetación del estado es muy variada, con pastos al norte en las sábanas próximas al Orinoco y selvática al sur.

2.2.2 Clima

Según lo señalado por el INE, el clima es tropical, aunque varía según las zonas; así, las áreas bajas presentan unas altas temperaturas, que alcanzan los 27 °C de promedio, y lluvias abundantes. La variación de los climas del extenso territorio viene determinada por la altitud y los vientos dado que la latitud (entre los 4° y 8° de latitud Norte) lo sitúa totalmente en la franja ecuatorial. Las tierras del norte bajas y sometidas a la influencia de los vientos del este y noreste se caracterizan por una época de lluvia y otra de sequía ambas muy marcadas; las tierras del sur reciben vientos cargados de humedad de la depresión amazónica y del sudeste que se condensan al contacto de las elevaciones produciendo intensas lluvias superiores a los 1600 mm.

2.2.3 Vegetación

La vegetación es principalmente de sabana tanto en el centro como en el sur del estado. En el norte, más seco, se consiguen plantas espinosas tipo matorrales y cardones.

2.2.4 Fauna

Entre las especies más comunes encontramos el jaguar (mamífero) la perdiz sabanera (ave), el cascabel (reptil) y el cante (pez).

2.2.5 Relieve

El estado Bolívar forma parte del Escudo de Guayana, de edad precámbrica, una de las formaciones geológicas más antiguas de la Tierra con aproximadamente cuatro mil millones de años. Posee un amplio territorio, correspondiente al 26% de la superficie territorial de Venezuela, comprendiendo un amplio espacio fronterizo con Guyana y Brasil que le otorga una alta importancia geopolítica y geoestratégica.

2.2.6 Hidrografía

1. Río Orinoco
2. Río Claro
3. Río Pao

2.2.7 Geología

En cuanto al medio físico, la dinámica geomorfológica del Escudo Guayanés originó durante millones de años de evolución paisajes de montañas, altiplanicies, piedemonte, plateaux, lomeríos, peniplanicies, valles y planicies. Son característicos los impresionantes macizos sedimentarios constituidos por los tepúyeses, y el exuberante paisaje de penillanuras de la Gran Sabana al sur de la entidad. El estado tiene una temperatura y precipitación media anual de 25 °C y 2.900 mm, respectivamente.

2.2.7 Suelos

La composición física y química predominante en los suelos es la de areniscas (generadas como remanentes de fondos marinos) y está asociada a índices de baja fertilidad agrícola. en general, son arenosos en superficie, con un contenido variable de arcilla en distintos estratos de profundidad, son ácidos, pobres en materia orgánica y de baja retención de humedad.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes

Se presentan estudios relacionadas con el tema de estudio, realizados tanto a nivel internacional como nacional, a saber, los siguientes;

3.1.1 Antecedentes Internacionales

Se considera la investigación de Quispe (2019) titulada “*Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales con fines de reúso en la agricultura, para las localidades de Miraflores, Las Yaras y Buena Vista en el Distrito de SAMA-TACNA*”, presentada en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa”; en Arequipa – Perú, para optar al título de Ingeniero Sanitario; desarrollándose como investigación de campo y propositiva, empleando la observación, el análisis DAFO, la entrevista y el análisis topográfico para recolectar los datos.

Las conclusiones de la investigación se refieren a De acuerdo a los resultados a obtenidos se plantea la propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales, la cual está comprendida por diferentes etapas. Como tratamiento preliminar se propone una cámara de rejas y un desarenador, como tratamiento primario un Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente, haciendo uso eficiente del biogás y lodos generados, como tratamiento secundario un Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente y como tratamiento terciario se plantea dos humedales artificiales y una cámara de contacto de cloro.

Además, se concluye que la finalidad del proceso es que el agua residual tratada pueda ser reutilizada en el riego para plantas de tallo alto. Para el caso de los lodos generados en el Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente y el Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente, éstos serán deshidratados en lechos de secados y al lodo seco obtenido se le realizará un proceso de compostaje del cual se obtendrá como producto un abono, el que finalmente será utilizado para mejorar la calidad de suelos y áreas verdes urbanas (con acceso restringido a la población en un periodo no menor de siete días).

El mencionado trabajo de grado es aporte del presente estudio, por cuanto contribuye con la identificación de las características fitosanitarias del agua residual y de los requerimientos que debe cumplir estos flujos de agua una vez que haya recibido el tratamiento dentro de las plantas de saneamiento como es el caso de la que se propone en el presente estudio.

Igualmente se considera la investigación realizada por Millán y Polania (2018) titulada “*Propuesta de mejora del sistema de tratamiento de aguas residuales de la empresa SOMOS K S.A.*”, para optar por el título de ingeniero químico en la Fundación Universidad de América, ubicada en Bogotá Colombia, cuyo objetivo general fue desarrollar una propuesta de mejora para el sistema de tratamientos de aguas residuales que se ajustara a las necesidades de la empresa, El estudio se desarrolló como investigación de campo y apoyo documental; empleándose la observación y los análisis de registros, como técnicas e instrumentos para recolectar los datos.

En la investigación se determinaron y analizaron los posibles problemas de operación y mantenimiento de la PTAR , teniendo en cuenta dichos parámetros y por medio de información bibliográfica, se plantearon 3 alternativas de mejora para reducir los contaminantes que no cumplían la normatividad de la resolución 0631 implantada en el país, año 2015; para esto se propuso el diseño de la unidad de trampa de grasas por medio de 3 alternativas, y posteriormente se escogió la alternativa que mejor se

ajustaba a las necesidades de la empresa. Después, se planteó para la propuesta una unidad de trampa de grasas y un sistema de recolección de lodos.

Igualmente, en la investigación, el agua tratada fue caracterizada, y se determinó la disminución en los parámetros problema. Se estableció experimentalmente que la mejor alternativa era la utilización de hidróxido de sodio como neutralizante, hidroxicloriguro de aluminio (incorrectamente denominada policloruro de aluminio) como coagulante y polímero catiónico para el proceso de floculación. Por último, se realizó un análisis de costos, teniendo en cuenta los costos de la empresa en ese momento y los costos con propuesta.

En función de lo señalado, el trabajo de grado aporta información al presente estudio, debido a que se identifican los parámetros a seguir para evaluar el funcionamiento de las plantas de tratamiento de aguas servidas, e igualmente, se especifican los indicadores sanitarios que deben mantenerse luego del tratamiento de las aguas servidas y antes de ser vertidas a los afluentes de agua, como es el caso de la que se propone en el presente estudio, sería el saneamiento de las aguas del Municipio Angostura del Orinoco, antes de verterse en el Río Orinoco.

Se considera también el trabajo de grado realizado por Alonso y Sánchez (2017) titulado *“Propuesta de mejora para la planta de agua potable de la empresa FERTILIZANTES COLOMBIANOS S.A.”* Para optar por el título de ingeniero químico en la Fundación Universidad de América, ubicada en Bogotá - Colombia, cuyo objetivo general fue desarrollar una propuesta de mejora para la planta de agua potable de la empresa FERTILIZANTES COLOMBIANOS S.A. Como metodología, se empleó la observación, las entrevistas y el análisis de factibilidad.

En la investigación se realizó un diagnóstico total de la planta, examinando la infraestructura y el estado que presentaban los equipos en ese momento, así mismo, se estudiaron los insumos químicos utilizados en el tratamiento. También se caracterizaron en un laboratorio externo las muestras de agua tomadas de la fuente hídrica y el producto de la planta, donde se comprobó el incumplimiento de la resolución 2115 del 2007 y se establecieron los parámetros críticos del proceso como lo son la turbiedad, color y hierro, los cuales se buscaron mejorar, por ello se propusieron 3 alternativas, y se escogiéndose la más conveniente mediante una matriz de selección.

Luego, se desarrolló el dimensionamiento teórico de un desarenador de flujo horizontal para eliminar partículas suspendidas en el agua, prevenir lodos de formación, taponamiento y suciedad innecesaria en los lechos filtrantes, siendo diseñado un equipo con una altura de 1,15 m y una longitud 9,5 m. Además, se buscó mejorar la mezcla rápida que era una etapa crítica en el proceso, por lo cual se diseñó teóricamente una turbina para llevar el mezclado a una zona de turbulencia que garantizara el mayor contacto entre las partículas del agua, el coagulante, el regulador de pH y el desinfectante, eliminando el vórtice, previo a la clarificación. Se llevó cabo una evaluación de eficiencia para la filtración dando un aproximado de 30%, por lo cual se sugirió un reemplazo, con este motivo se realizó una prueba experimental para comparar distintos lechos filtrantes, en busca del mejor, siendo este un lecho dual conformado por arena, antracita y grava.

Finalmente, en la investigación se propusieron mejoras en el mantenimiento de las láminas del floculador y el tanque de almacenamiento de agua clarificada. Finalmente se realizó una evaluación de costos con el fin de obtener un resultado claro del costo del proyecto en caso de ser implementado, arrojando un costo de ocho millones trescientos mil pesos aproximadamente.

De acuerdo con lo señalado, el citado estudio contribuye como aporte del presente trabajo de grado, ya que, en ambos, el objetivo general es la mejora en el tratamiento de aguas residuales por medio de la propuesta de construcción o renovación de plantas de tratamiento de estos flujos de agua, antes de ser vertidos a los afluentes de ríos o lagos y que se logre evitar o disminuir el impacto ambiental que ocasiona la falta de saneamiento de estas aguas.

3.1.2. Antecedentes Nacionales

Se considera la investigación realizada por Urdaneta (2021), en la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB), en Puerto Ordaz, Estado Bolívar, y que se tituló *“Propuesta de mejora para la gestión de la Planta de tratamiento de aguas servidas de la Universidad Católica Andrés Bello - Extensión Guayana”*, para optar al título de Ingeniero Industrial. En el estudio se emplearon las técnicas de recolección de datos como entrevistas y encuestas no estructuradas. Además, se observaron directamente los procesos y se diseñaron diagramas de flujo para representarlos; Seguidamente se realizó un diagnóstico, donde se hizo uso de información recopilada previamente: análisis DOFA, análisis de datos históricos de ensayos y matriz de riesgo.

Se identificaron las oportunidades de mejora con base en los 2 primeros objetivos; además del uso de diagrama causa-efecto para los problemas considerados con mayor peso. Por último, se realizaron propuestas de mejora para dar respuestas oportunas a lo reflejado en el objetivo 3 y así como cumplimiento al objetivo general. En los resultados se conocieron los procesos y partes que comprende la planta, se verificó que el efluente cumple con las normativas vigentes, se identificaron y propusieron oportunidades de mejora a nivel de: estrategias, procesos, mantenimiento, seguridad y equipamiento de la planta, y se evidenció que, a pesar de ser una planta de tratamiento de tipo de lodos activados, no actúa como tal ya que la cantidad de biomasa

presente en el reactor biológico no es suficiente, por lo que no genera suficiente lodo para su recirculación.

La investigación se constituye como antecedente del presente estudio, por cuanto ambos se realizan dentro de localidades del Estado Bolívar, en donde las características climáticas y de vegetación, principalmente, son similares y con ello, se tienen importantes datos a considerar para determinar las características de las aguas residuales, además de las posibles temporadas en donde los riesgos de inundación y saturación de drenajes y alcantarillas, son similares e inciden en el comportamiento de las aguas residuales generadas.

3.2 Bases Teóricas

3.2.1 Aguas servidas y/o residuales

La Norma Sanitaria Venezolana para proyecto de la República Bolivariana de Venezuela N° 4044, construcción, reparación, reforma y mantenimiento de edificaciones, establece que se conoce como aguas servidas —aguas cloacales residuales de cualquier clase, provenientes de una edificación, o con o sin contener material fecal y/u orina, pero sin contener aguas de lluvia (p. 168)

Las aguas residuales de acuerdo con Espigares y Pérez (2014), son aquellas que en su composición abarcan una fracción líquida y una sólida, estas se generan de las aguas servidas que se originan luego de su aprovechamiento en las actividades humanas, y de las aguas provenientes de la escorrentía superficial de las lluvias. Según su origen las aguas residuales son definidas de la siguiente forma:

1. Domésticas: aguas provenientes de zonas urbanas, generalmente son generadas luego de utilizar las aguas para usos higiénicos, estas se originan en viviendas y comercios y son recolectadas a través de una red de colectores principales.
2. Industriales: aguas originadas tras utilizar el agua limpia en algún proceso productivo de una industria, según el tipo de industria el agua residual contendrá diversas características.
3. Pluviales: son las aguas generadas por las precipitaciones las cuales escurren superficialmente y son captadas para ser encausadas posteriormente.
4. Agrícolas: procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan, en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo.
5. Infiltración y caudal adicionales: las aguas de infiltración penetran en el sistema de alcantarillado a través de los empalmes de las tuberías, paredes de las tuberías defectuosas, tuberías de inspección y limpieza, etc.

Las aguas residuales presentan en su composición ciertos agentes que la caracterizan, los cuales según su concentración pudiesen ser perjudiciales si se descargaran directamente en los cuerpos de aguas; entre los parámetros de estudio más comunes en las aguas residuales se encuentran los sólidos totales conformado por sólidos sedimentables, sólidos en suspensión y sólidos volátiles a mayor cantidad de sólidos la turbidez del agua es más elevada.

Otro parámetro de gran importancia en las aguas residuales es la demanda biológica de oxígeno (DBO), este es el índice que determina la cantidad de oxígeno disuelto en el agua que es utilizado por los microorganismos para la degradación de la materia, a mayor concentración de DBO mayor es el grado de contaminación del agua; del mismo modo está presente el nitrógeno y el fósforo parámetros que son absorbidos por los microorganismos como nutrientes para su desarrollo.

Según Metcalf y Eddy (1995) (Citados por Quispe 2019), las aguas residuales también pueden clasificarse en físicas, químicas y biológicas, adicionalmente muestran una tabla de parámetros para caracterizar según esta clasificación:

Tabla 2.1: Características físicas, químicas y biológicas del agua residual. (Metcalf y Eddy 1995)

PARAMETRO	ORIGEN
FÍSICAS	
Sólidos	Suministro de agua, residuos industriales y domésticos
Temperatura	Residuos industriales y domésticos.
Color	Residuos industriales y domésticos.
Olor	Agua residual en descomposición, Residuos industriales.
QUÍMICAS	
Orgánico:	
Proteínas	Residuos industriales y domésticos.
Carbohidratos	Residuos industriales y domésticos.
Grasas animales	Residuos industriales, comerciales y domésticos.
Agentes tenso activos	Residuos industriales y domésticos.
Fenoles	Residuos industriales.
Pesticidas	Residuos agrícolas.
Inorgánico:	
PH	Residuos industriales.

Tabla 2.2: Características físicas, químicas y biológicas del agua residual. (Metcalf y Eddy 1995)

Cloruros	Suministro de agua doméstica, residuos industriales, infiltración de aguas subterráneas.
Alcalinidad	Residuos domésticos, suministro de agua doméstica, infiltración de aguas subterráneas
Nitrógeno	Residuos agrícolas y domésticos.
Fósforo	Residuos industriales y domésticos, derrame natural.
Azufre	Suministro de agua doméstica y residuos industriales
Compuestos tóxicos	Residuos industriales, infiltración de aguas subterráneas.
Metales pesados	Residuos industriales.
Gases:	
Oxígeno	Suministro de agua doméstica, infiltración de aguas superficiales.
Sulfuro de hidrógeno	Descomposición de aguas domésticas.
Metano	Descomposición de aguas domésticas.
BIOLÓGICAS	
Protistas	Residuos domésticos, plantas de tratamiento.
Virus	Residuos domésticos.
Plantas	Corrientes de agua al descubierto y plantas de tratamiento.
Animales	Corrientes de agua al descubierto y plantas de tratamiento.

3.2.2 Características de las aguas servidas y/o residuales

3.2.2.1 Características físicas

- I. **Sólidos:** El agua residual contiene distintos tipos de materiales sólidos que van desde hilachas hasta materiales coloidales, en la caracterización de las aguas, los materiales más gruesos son removidos usualmente antes de analizar los sólidos (Crites & Tchobanoglous, 2000).

1. **Sólidos totales (ST):** Son los residuos remanentes después que la muestra ha sido evaporada y secada a una temperatura específica (103 a 105 ° C).
 2. **Sólidos suspendidos totales (SST):** Son una fracción de los ST retenidos en un filtro con un tamaño específico de filtro medida después de que se ha secado a una temperatura específica.
 3. **Sólidos disueltos totales (SDT):** son aquellos que pasan a través del filtro, que son evaporados y secados a una temperatura específica, la medida comprende coloides y SD. **Sólidos sedimentables:** Son sólidos suspendidos que se expresan como milímetros por litros, los cuales se sedimentan fuera de la suspensión dentro de un rango de tiempo específico (Crites & Tchobanoglous, 2000).
 4. **Sólidos sedimentables (Ss):** El término hace referencia a todos los materiales que no se mantienen suspendidos o disueltos en un tanque de retención que no está sujeto a movimiento, pueden incluir partículas grandes o moléculas insolubles; también se les conoce como sólidos volumétricos (SV).
 5. **Sólidos volátiles (SV):** Se supone que en su totalidad los sólidos volátiles representan materia orgánica; aunque ésta no se incinera y a su vez ciertos compuestos inorgánicos tampoco lo hacen cuando se someten a altas temperatura. (Crites y Tchobanoglous, 2000, p.33).
- II. **Turbiedad:** Se toma como una medida de las propiedades de la dispersión de la luz en el agua, usualmente se utiliza para indicar la calidad de las aguas naturales y las aguas residuales tratadas haciendo relación al material en suspensión. La medición se realiza por comparación entre la intensidad de luz dispersa en una muestra y la luz dispersa por suspensión de contraste en las mismas condiciones. El material suspendido impide el paso de luz, ya que esta

la absorbe o dispersa, un factor clave es el tamaño de la partícula sobre la turbiedad, donde la mayor turbiedad está relacionada a partículas de tamaño inferior a 3 μm y con partículas de tamaño entre 0.1 y 1.0 μm (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- III. **Color:** El color en las aguas residuales es causado por los sólidos suspendidos, material coloidal y sustancias en solución. El color causado por los sólidos suspendidos es llamado color aparente y el que es causado sustancias disueltas y coloidales se denomina color verdadero, este último se obtiene al filtrar la muestra. El color se determina comparando el color de la muestra y el color que se produce por soluciones 4 de diferentes concentraciones de cloroplatinato de potasio (K_2PtCl_6). De forma cualitativa el color es usado para estimar la condición general en la que se encuentra el agua residual. Por ejemplo, si se tiene un color café claro aproximadamente son 6 horas después de haber una descarga, caso contrario de un color gris claro es cuando el agua residual ya ha sufrido un grado de descomposición o que tienen un tiempo corto en los sistemas de recolección (Crites y Tchobanoglous, 2000).
- IV. **Olor:** El olor del agua residual se genera por una gran variedad de compuestos malolientes que son liberados cuando se produce degradación biológica bajo condiciones anaerobias de las aguas. El principal compuesto es el sulfuro de hidrógeno, aunque se generan otros compuestos que producen olores más fuertes como indol, eskatol y mercaptanos (Crites y Tchobanoglous, 2000).
- V. **Temperatura:** Generalmente la temperatura del agua residual es mayor que a la del abastecimiento, esto como consecuencia de la incorporación de agua caliente proveniente de las descargas domésticas. Esta medición es importante ya que en los sistemas de tratamiento de aguas residuales hay procesos biológicos que dependen de la temperatura. También afecta directamente las

reacciones químicas y las velocidades de reacción, la vida acuática y procesos biológicos de los sistemas (Crites y Tchobanoglous, 2000).

VI. **Conductividad:** Es la medida de la capacidad de una solución para transmitir la corriente eléctrica. Actualmente la importancia de este parámetro es para determinar la posibilidad de uso de una para riego. Esta se expresa en microohms por centímetro (Crites y Tchobanoglous, 2000).

3.2.2.2 Características químicas

Los constituyentes químicos dentro de las aguas residuales frecuentemente se clasifican en inorgánicos y orgánicos. Los compuestos inorgánicos incluyen elementos individuales y una variedad de nitratos y sulfatos. Los constituyentes inorgánicos de mayor interés comprenden nutrientes, compuestos no metálicos, metales y gases.

En el caso de los compuestos orgánicos no pueden ser clasificados de forma separada; son de vital importancia en el tratamiento, vertido y reutilización de aguas residuales de la misma manera los compuestos orgánicos específicos (Crites y Tchobanoglous, 2000).

1. **pH:** El intervalo adecuado de pH para que se desarrolle la vida tiene un margen estrecho, en un rango de pH 5 y 9, las aguas residuales con valores menores a 5 y superiores a 9 tienen un tratamiento más complicado mediante agentes biológicos. Si dicho pH del agua residual tratada no es ajustado antes de ser vertido nuevamente al cuerpo de agua, el pH de este cuerpo receptor será alterado; de allí la necesidad de que los efluentes de las plantas de tratamiento deben ser descargados dentro de los límites específicos para descargas a cuerpos receptores (Crites y Tchobanoglous, 2000).

2. **Alcalinidad:** Esta se define como la capacidad del agua para neutralizar ácidos. En aguas residuales, la alcalinidad estará ligada a la presencia de hidróxidos (OH⁻), carbonatos (CO₃⁻²) y bicarbonatos (HCO₃⁻) de elementos como el calcio, magnesio, sodio, potasio y del ion amonio, la alcalinidad en las aguas residuales ayuda a regular las variaciones en el pH causado por la adición de ácidos. Las aguas residuales comúnmente poseen cierta alcalinidad que se obtiene por el origen mismo de las aguas (Crites y Tchobanoglous, 2000).
3. **Cloruros:** Los cloruros en las aguas residuales son un parámetro importante relacionado con la reutilización de esta, estos en condiciones naturales provienen de los cloruros lixiviados de las rocas y los suelos con los que se tienen contacto. En las aguas residuales los 6 cloruros son añadidos como consecuencia del uso, las heces humanas tienen un aporte aproximado de 6g de cloruros por persona/ día (Crites y Tchobanoglous, 2000).
4. **Gases:** Se determinan gases disueltos tales como amoníaco, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, metano y oxígeno, esto con la finalidad de ayudar en la operación de sistemas de tratamiento de aguas residuales. Las mediciones de oxígeno disuelto y amoníaco se realizan para monitorear y controlar los procesos que tengan un tratamiento biológico aerobio (Crites y Tchobanoglous, 2000).
5. **Oxígeno disuelto:** Es uno de los parámetros clave de la medición de la calidad del agua, los valores de oxígeno varían de 7 a 9 mg/L. La principal fuente de oxígeno es el aire en difusión con el agua, por la turbulencia en los cuerpos de agua y por el viento. Por ejemplo, en los lagos la fotosíntesis es la fuente más importante y en los ríos el nivel de turbulencia que estos posean, determinará tanto la producción primaria como su grado de eutrofización (Roldán, 2003).

Así que la estimación de la contaminación orgánica del agua es compleja, ya que la oxidación de la materia orgánica conduce a un agotamiento del oxígeno disuelto disponible en el cuerpo de agua. Al medir la concentración de oxígeno disuelto, se puede obtener una estimación de cuál es la cantidad de sustancias orgánicas oxidables dentro de ésta (Llorca y Bautista, 2006).

6. **Metales:** Los metales tienen interés en la parte de tratamiento, reutilización y vertimiento de los lodos y efluentes ya tratados, ya que todos los organismos necesitan para su adecuado desarrollo elementos tales como hierro, cromo, cobre, zinc en diferentes cantidades. Aunque los metales estén en cantidades micro o macro y sean necesarios para el desarrollo biológico, estos pueden convertirse en tóxicos cuando se presentan en cantidades elevadas (Crites y Tchobanoglous, 2000).
7. **Nitrógeno:** La importancia del nitrógeno radica en que es esencial para la síntesis de proteínas, necesitan conocer sobre la presencia de este nutriente para evaluar el tratamiento del agua residual mediante procesos biológicos. El contenido total de nitrógeno está compuesto por nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos y nitrógeno orgánico (Crites y Tchobanoglous, 2000).
8. **Fósforo:** Este elemento tiene relevancia en el crecimiento y desarrollo de distintos organismos en un cuerpo de agua, pero ya en cantidades excesivas provoca una proliferación de algas y otros organismos biológicos perjudiciales. Las formas más comunes en las que se puede encontrar el fósforo son los ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. Los ortofosfatos más comunes de las aguas residuales están disponibles para el metabolismo biológico sin necesidad de que los organismos tengan que realizar una ruptura posterior del mismo (Crites y Tchobanoglous, 2000).

9. **Azufre:** Este se puede encontrar de forma natural tanto en las aguas naturales como en las aguas residuales. Es un elemento indispensable para la síntesis de proteínas en los organismos, por este motivo se libera cuando existe degradación de las mismas, los sulfatos reducen biológicamente a sulfuros en condiciones anaerobias y forman sulfuro de hidrógeno (H_2S) al combinarse con el hidrógeno (Crites y Tchobanoglous, 2000).

10. **Grasas y aceites:** El contenido de estas en aguas residuales se determina por una extracción de muestra de residuo con triclorotrifluoroetano, químicamente tanto las grasas y aceites de origen vegetal o animal son similares, ya que básicamente son ésteres compuestos de ácidos grasos, alcohol y glicerina. Aquellos que se encuentran en estado líquido a temperatura ambiente denominados aceites y los que se han convertido en sólido llamados grasas. La presencia de esta causa muchos problemas en tanque sépticos, en sistemas de recolección y en el tratamiento de aguas residuales (Crites y Tchobanoglous, 2000).

3.2.2.3 Características biológicas

Las características biológicas tienen una alta importancia en el control de enfermedades que sean causadas por organismos patógenos de origen humano y por la proliferación o desarrollo de bacterias y otros microorganismos dentro de la descomposición y estabilización de la materia orgánica tanto en el medio natural como en una planta de tratamiento de aguas residuales (Crites y Tchobanoglous, 2000).

En las aguas superficiales y servidas es común encontrarse con una gran variedad de microorganismos biológicos (hongos, algas, bacterias, virus, protozoos, organismos patógenos) así como también podemos encontrarnos con plantas y animales; que

conforman distintas especies biológicas para aguas superficiales o aguas residuales. (Metcalf y Eddy, 1995).

En la tabla 3, se observa la clasificación de los principales microorganismos tanto para aguas superficiales como aguas servidas también:

Tabla 2.3: Clasificación de los Microorganismos. (Metcalf y Eddy 1995)

GRUPO	ESTRUCTURA CELULAR	CARACTERIZACIÓN	MIEMBROS REPRESENTATIVOS
EUCARIOTAS	Eucariotas	Multicelular, con gran diferenciación de las células y el tejido.	Plantas (plantas de semilla, musgos, helechos). Animales (vertebrados de invertebrados).
EUBACTERIAS	Procariota	Unicelular o coenocítica o micelial; con escasa o nula diferenciación de tejidos.	Protistas (algas, hongos, protozoos)
ARQUEOBACTERIAS	Procariota	Química celular distintiva	Metanógenos, halófilos, termacidófilos

- 1. Bacterias:** Muchas bacterias son inofensivas en el tracto intestinal, pero al estar un individuo infectado al momento de excretar en las heces se encuentran una gran cantidad de bacterias patógenas, contaminando de esta manera las aguas residuales domésticas. Los grupos de bacterias más comunes que se pueden encontrar en las aguas residuales domésticas son del género Salmonella, del género Shigella y Escherichia coli (Crites y Tchobanoglous, 2000).
- 2. Protozoos:** Entre los organismos causantes de enfermedades los protozoarios Cryptosporidium parvum, Cyclospora y Giardia lamblia son de gran interés ya que tienen un alto impacto sobre la población especialmente las personas con

deficiencias en el sistema inmunológico y de este tipo de microorganismos son los más comunes encontrarlos en las aguas residuales (Crites y Tchobanoglous, 2000).

- 3. Helmitos:** Los parásitos de esta categoría que pueden encontrarse en las aguas residuales son las lombrices intestinales, por ejemplo *Ascaris lumbricoides*, la tenia solitaria *Taenia saginata* y *Taenia solium*. La etapa infecciosa de estos varía, en algunos se presentan en el estado mayor adulto o de larva y en otros su etapa infecciosa se presenta en el estado de huevo, muchas especies resisten condiciones ambientales adversas y llegan a sobrevivir a distintos tipos de tratamientos convencionales (Crites y Tchobanoglous, 2000).
- 4. Virus:** En las aguas residuales se pueden presentar las condiciones adecuadas para la proliferación de estos, se han detectado más de 100 clases diferentes de virus entéricos que pueden ser capaces de transmitir algún tipo de infección o enfermedad que provienen de las excretas. La mayoría de estos se reproducen en el tracto intestinal de individuos infectados y luego de ser expulsado en las heces se produce su desarrollo masivo (Crites y Tchobanoglous, 2000).

Por medio de datos obtenidos mediante experimentos se comprobó que un gramo de heces de una persona con hepatitis puede contener desde 10.000 hasta 100.000 dosis de virus hepático. Razón por la que algunos brotes de hepatitis infecciosa se le atribuyen a agua potable que podría contener el virus. (Metcalf y Eddy, 1995)

Se conoce con seguridad que los virus pueden sobrevivir hasta 6 días en ríos normales, e inclusive existen virus que sobreviven hasta 41 días a una temperatura de 20°C, esto puede ocurrir tanto en aguas residuales como en superficiales. (Metcalf y Eddy, 1995)

1. **Algas:** Si bien presentes en el agua servida por lo general estos microorganismos se encuentran en las aguas superficiales naturales resultan más problemáticos que beneficiosos ya que, en condiciones favorables, tienen a presentar un crecimiento explosivo, este fenómeno puede desembocar en eutrofización del cuerpo de agua (Metcalf y Eddy, 1995, p. 104)

Al referirse a la eutrofización generalmente se habla de cuerpos de agua con poca corriente, lógicamente resulta inusual que afecte a una planta de tratamiento que constantemente circula las aguas que contiene, sin embargo no se pueden ignorar ya que representan otros inconvenientes, principalmente que la presencia de algas exige que los efluentes de los procesos de tratamiento en las aguas servidas no promuevan el fenómeno del crecimiento explosivo en los cuerpos de agua receptores puesto que es el ambiente donde la eutrofización es más probable.

2. **Hongos:** son organismos protistas eucariotas aerobios multicelulares, no fotosintéticos y quimioheterótrofos, junto a las bacterias representan los principales responsables de la 45 descomposición del carbono en la biosfera en general asimismo como en los procesos de tratamiento de agua, producto de que su alimentación es fundamentalmente proveniente de la materia orgánica muerta (Metcalf y Eddy, 1995), en contraste a las bacterias resultan más resistentes logrando proliferarse en ambientes más inhóspitos respecto a la cantidad de humedad y pH extremo complementando a los microorganismos bacterianos en el tratamiento de agua servida.
3. **Animales y plantas:** es importante conocer la flora y fauna de un ambiente (lago, río) al cual llega una descarga de agua servida; ya que esto ayuda a evaluar las condiciones en que éste se encuentra y sirve de referente para tener idea de los niveles de toxicidad del efluente de agua de servida y para observar si el tratamiento del mismo es o no eficaz; es decir si durante el tratamiento

biológico se destruyen en su mayoría aquellos nutrientes que podrían generar la eutrofización. (Metcalf y Eddy, 1995).

Además, dentro de los animales que se encuentran en aguas servidas deben prestársele atención a ciertos tipos de gusanos que pueden provocar infecciones tales como los "platelmintos" que se les conoce como gusanos planos; ya que éstos podrían ser causantes de infecciones no deseadas. (Metcalf y Eddy, 1995).

4. **Organismos patógenos:** los organismos patógenos encontrados en las aguas servidas pueden provenir de los desechos de humanos que estén enfermos o bajo un proceso infeccioso. Estos organismos bacterianos patógenos que pueden ser expulsados mediante las heces por el hombre pueden provocar enfermedades tales como diarreas, cólera, fiebre tifoidea y paratifoidea, entre otras. (Metcalf y Eddy 1995)

En la tabla 4, se pueden encontrar los principales organismos patógenos que se encuentran en aguas residuales; en la tabla 3 los organismos que se emplean como indicadores de la contaminación humana y en la tabla 4 los organismos indicadores utilizados para la determinación de los criterios de rendimiento para diferentes usos del agua:

Tabla 2.4: Agentes infecciosos potencialmente presentes en el agua residual doméstica bruta. (Metcalf y Eddy 1995)

Organismo	Enfermedad	Comentario
<p>Bacteria:</p> <p>Escherichia coli (enteropatógena)</p> <p>Legionella pneumophila</p> <p>Leptospira (150 esp.)</p>	<p>Gastroenteritis</p> <p>Legionelosis</p> <p>Leptospirosis</p>	<p>Diarrea</p> <p>Enfermedades respiratorias agudas</p> <p>Leptospirosis</p> <p>Fiebre (enfermedad de Weil)</p>
<p>Salmonella typhi</p> <p>Salmonella (~1.700 esp.)</p> <p>Shigella (4 esp)</p> <p>Vibrio cholerae</p> <p>Yersinia enterocolitica</p>	<p>Fiebre tifoidea</p> <p>Salmonelosis</p> <p>Shigelosis</p> <p>Cólera</p> <p>Yersinosis</p>	<p>Fiebre alta, diarrea, úlceras en el intestino delgado</p> <p>Envenenamiento de alimentos</p> <p>Disentería bacilar</p> <p>Diarreas extremadamente fuerte</p> <p>Diarrea</p>
<p>Protozoos:</p> <p>Balantidium coli</p> <p>Cryptosporidium</p> <p>Entamoeba histolytica</p> <p>Giardia lamblia</p>	<p>Balantidiasis</p> <p>Criptosporidiosis</p> <p>Amebiasis (disentería amébrica)</p> <p>Giardiasis</p>	<p>Diarrea, disentería</p> <p>Diarrea</p> <p>Diarreas prolongadas con Sangre, abscesos en el Hígado y en el intestino delgado</p> <p>Diarrea, náuseas, Indigestión</p>
<p>Virus:</p> <p>Adenovirus (31 tipos)</p> <p>Enterovirus (67 tipos, p.e. polio, eco y virus Coxsackie)</p> <p>Hepatitis A Agente</p> <p>Norwalk</p> <p>Reovirus</p> <p>Rotavirus</p>	<p>Enfermedades respiratorias</p> <p>Gastroenteritis, anomalías cardíacas, meningitis</p> <p>Hepatitis infecciosas</p> <p>Gastroenteritis</p> <p>Gastroenteritis</p> <p>Gastroenteritis</p>	<p>Fiebre, Vómitos</p>

Tabla 2.5: Organismos indicadores para la determinación de los criterios de rendimiento para diferentes usos del agua. (Metcalf y Eddy 1995)

Usos del agua	Organismo indicador
Agua potable	Coliformes totales
Actividades lúdicas en agua dulce	Coliformes fecales E. coli Enterococos
Actividades lúdicas en agua salada	Coliformes fecales Coliformes totales Enterococos
Zonas de crecimiento de moluscos	Coliformes totales Coliformes fecales
Irrigación agrícola	Coliformes totales (agua reutilizada)
Desinfección de efluentes de aguas residuales	Coliformes totales Coliformes fecales

3.2.3 Plantas de Tratamiento de agua servidas

Las plantas de tratamientos de agua, según Quispe (2019), son estructuras de carácter hidráulico cuya principal función es la descontaminación parcial o total de las aguas provenientes de urbanismos, industrias o de cualquier otro origen que pudiese contaminar dicho recurso; con la finalidad de otorgarles al mismo condiciones adecuadas para ser vertidas sobre cuerpos receptores. Las plantas de tratamiento según el tipo de efluente a tratar y la calidad del agua que debe salir de la misma se pueden clasificar en:

1. **Planta de tratamiento agua potable (PTAP):** estas plantas tienen como función la purificación del agua con calidad suficiente para consumo o uso de la población.

2. **Plantas de tratamiento de aguas de uso Industrial (PTAI):** estas buscan dar la calidad necesaria al agua para que estas puedan ser empleadas en los procesos rutinarios de la industria.
3. **Plantas de tratamiento de aguas servidas domesticas (PTAS):** estas estructuras son las responsables de darle a las aguas servidas, provenientes de los urbanismos las condiciones adecuadas para su reintegración a los cuerpos de aguas existentes, sin que estos se vean afectados.
4. **Plantas de tratamiento de aguas servidas industriales (PTEI):** estas son las encargadas de tratar las aguas que salen de las industrias, cuyas características son bastante perjudiciales para el medio ambiente, por lo que estas requieren de procesos de descontaminación química más cuidadosos.
5. **Plantas de tratamiento de aguas para uso residual (PTAR):** estas tratan las aguas tanto domesticas e industriales con la finalidad de darle las características necesarias para su reutilización.

3.2.4 Tratamiento de aguas residuales por medios químicos

Para evitar y eliminar la contaminación del agua se deben hacer uso de técnicas de tratamiento, de acuerdo con Millán y Polania (2018), las leyes o normas se encargan de regular y establecer la calidad apropiada del agua según el uso que se le dará, estudiando las concentraciones de contaminantes. Este tratamiento se realiza comúnmente mediante agentes químicos, agentes físicos, medios mecánicos y radiación.

De acuerdo con los autores, los agentes químicos son los más usados en el proceso de tratamiento de agua residual donde se utilizan desinfectantes como: cloro y sus compuestos, bromo, yodo, ozono, fenol, compuestos fenólicos, alcoholes, metales pesados, alcoholes, y compuestos afines, colorantes, jabones y detergentes sintéticos, diversos álcalis o ácidos. Entre los desinfectantes químicos, el cloro es el más utilizado universalmente. Los compuestos de cloro utilizados son el cloro gas (Cl_2), el hipoclorito sódico ($NaClO$) y el dióxido de cloro (ClO_2). En el agua en contacto con el cloro actúan mecanismos oxidativos, reacciones químicas, precipitación de proteínas, modificación de la pared celular de los microorganismos e hidrólisis de compuestos de protoplasma celular.

3.2.5 Fases del Tratamiento de aguas residuales

Para el diseño de una planta de tratamiento de aguas servidas se establecen una serie de unidades para mejorar las condiciones de vertido de las aguas; para ejecutar estas mejoras se presentan las siguientes unidades de tratamiento en orden de trabajo, según lo establecido en los requerimientos teóricos:

1. **Pre- tratamiento:** Su objetivo principal es remover del agua servida aquellas impurezas constituyentes que pueden causar inconvenientes de operación y mantenimiento en los procesos posteriores o que no puedan tratarse junto con los demás componentes del agua servida, como los son cuerpos sólidos gruesos y finos, donde se utilizan operaciones de tipo mecánico o físico para su remoción, algunas de ellas son:
2. **Cribado:** Esta es la primera operación unitaria que se realiza en las plantas de tratamiento de agua servida, es utilizada para separar el material grueso del agua, mediante el paso de esta por una criba o rejilla. Una rejilla es un dispositivo con aberturas generalmente de tamaño uniforme, utilizado para

retener los sólidos que arrastra el agua servida. La criba puede ser de cualquier material como de láminas metálicas, de madera o de concreto, con agujeros redondos, cuadrados o de cualquier forma geométrica.

De acuerdo con el método de limpieza, las rejillas o cribas de limpieza pueden ser rejillas finas o gruesas. Las gruesas son aquellas que poseen aberturas iguales o mayores de 0,64 cm ($\frac{1}{4}$ pulgada), mientras que las finas tiene una abertura menor de 0,64 cm.

En el tratamiento de aguas servidas se usan rejillas gruesas, principalmente de barras o varillas de acero con la función de proteger bombas, válvulas, tuberías y equipos del taponamiento o interferencia causados por trapos, tarros, y objetos grandes.

La longitud de las rejillas de limpieza manual no debe exceder aberturas mayores de las que permita su limpieza conveniente por parte del operador. En la parte superior de la rejilla debe haber una placa de drenaje, que permita la salida de los materiales removidos durante el proceso. El canal de acceso a la rejilla se debe diseñar de tal manera que se pueda prevenir la acumulación de arenas y materiales pesados, antes y después de la rejilla. El canal debe ser preferiblemente horizontal, recto y perpendicular a la rejilla, para tener una distribución uniforme de los residuos.

3. **Separadores de grasa:** Para realizar el proceso de desengrase o desaceitado se debe separar del agua de los flotantes, grasas y aceites que pueden portar, y que serían susceptibles de flotación natural o inducida. Las grasas entre otros factores, pueden provocar y favorecer fenómenos de flotación de fangos; este es indeseable en procesos posteriores de decantación del agua. Los tanques separadores de grasas consisten en un depósito dispuesto de tal manera que la materia flotante ascienda y permanezca en la superficie del agua residual hasta que se recoja y se elimine, mientras que el líquido va saliendo del tanque de

forma continua, a través de una abertura situada en el fondo o por debajo de deflectores de espuma.

El sistema más sencillo para remoción de aceites y grasas usado para establecimientos e industrias pequeñas es la trampa de grasas; que consiste en una cámara pequeña de flotación en la cual la grasa flota a la superficie libre del agua y es retenida. Mientras que el agua más clara subyacente es descargada con la misión de prevenir el taponamiento de las tuberías y el efecto deletéreo que puedan tener ellas sobre la acción bacterial y la sedimentación en el tanque séptico.

Usualmente los separadores de grasas se diseñan con tiempos de retención de 15 a 30 minutos y un tamaño mínimo de 2,8 m a 3.8m. La trampa debe tener una distancia suficiente entre su entrada y salida de efluentes para permitir la separación diferencial por gravedad y no dejar escapar grasas por la unidad de salida. Si no se realiza un buen mantenimiento las trampas de grasas no funcionarán adecuadamente.

4. Tratamiento primario: Es un conjunto de procesos que tiene como objetivo la eliminación de sólidos suspendidos en el agua, por medio del aumento de la tasa de sedimentación gravitacional y el porcentaje de remoción de contaminantes, que por ser más finos no han podido ser eliminados durante el pre- tratamiento. (Metcalf y Eddy), este tratamiento comprende operaciones de tipo físico y químico como decantación, neutralización y coagulación-floculación, a través de la adición de pequeñas dosis de sustancias químicas. Los procesos unitarios considerados en el tratamiento químicamente mejorados son:

5. Neutralización: Según los autores mencionados anteriormente, también se conoce como neutralización el ajuste de pH consiste en la adición de un álcali o de un ácido al agua, de manera que se obtenga un pH cercano a 7.0, este se

agrega cuando la alcalinidad del agua no es suficiente para reaccionar con el coagulante, el pH, es un factor importante para los sistemas de reacciones químicas y para ejercer control de la corrosión en toda fuente que lo reciba. La neutralización supone la reacción de soluciones, con iones hidrógenos o hidróxido activos, para formar agua y sales neutras. Para la neutralización de aguas ácidas se emplean reactivos alcalinos, de los cuales los hidróxidos de calcio, óxido o hidróxido de magnesio, o hidróxido de sodio (soda caustica) suelen ser los más empleados para incrementar el pH.

La neutralización de aguas alcalinas se hace agregando, comúnmente, ácido sulfúrico, ácido clorhídrico y CO₂ en forma de gas. La mayoría de los procesos de tratamiento de aguas residuales necesitan ajuste de pH, debido a que afecta en los procesos de tratamiento. Para la coagulación, cada coagulante tiene por lo menos una zona de pH óptimo beneficiando también el proceso de floculación de manera que ocurra en un menor tiempo.

6. **Homogenización:** se emplea para realizar un total entrelazamiento entre dos sustancias o para realizar el proceso de estabilización (Metcalf y Eddy). Se realiza por medio de agitadores mecánicos como paletas o por condiciones del diseño que aseguren la turbulencia para aprovechar el régimen circular. Es un método empleado para retener los vertidos en un depósito, de forma que su efluente sea suficientemente uniforme en sus características sanitarias, como lo es el pH, el color, la turbiedad, alcalinidad y el DBO, entre otros. En los procesos de tratamiento el mezclado tiene generalmente lugar en el régimen de flujo turbulento donde predominan las fuerzas de inercia. Por lo general cuanto más alta sea la velocidad mayor la turbulencia y por lo tanto más eficaz será el mezclado. La intensidad y la duración de la mezcla deben ser controladas; se debe evitar el exceso de mezcla o la mezcla reducida.

7. **Coagulación:** Tiene por objetivo la acumulación de sólidos suspendidos, sólidos finamente divididos y materiales coloidales, para convertirlos en partículas más grandes que se pueden remover con mayor facilidad (Metcalf y Eddy). Consiste en desestabilizar las partículas suspendidas y/o coloides presentes en el agua residual; los cuales presentan una gran repulsión entre ellas, estas impiden su aglomeración y precipitación por lo que se hace necesaria la adición de un producto químico de manera que se anulan las cargas, las partículas se aglomeran y la mayor densidad de estos aglomerados se sedimenta. Este fenómeno ocurre debido a una serie de reacciones químicas entre los coagulantes, la superficie de las partículas, la alcalinidad del agua y el agua misma.

La coagulación comienza al agregar el coagulante al agua en pequeñas fracciones de tiempo donde se desestabiliza en unos pocos segundos. El objetivo de la adición del coagulante es convertir algo de material no sedimentable en material sedimentable. Los coagulantes se dividen en coagulantes orgánicos y los inorgánicos. Los coagulantes orgánicos como inorgánicos aportan una reducción de consumo del 30%-60 %, reduciendo considerablemente los tiempos de coagulación, mejorando la densidad del coagulo formado y eliminando o reduciendo sensiblemente la dosificación de remoción, rompiendo los sólidos existentes en el agua residual y el floc formado.

8. **Sedimentación:** La sedimentación consiste en la separación de distintas partículas que se encuentran en suspensión, las cuales son más pesadas que el agua, mediante el proceso de gravedad (Metcalf y Eddy). Esta operación se utiliza para la eliminación de arena, materia particulada contenida en el tanque de decantación primaria, de los flóculos químicos cuando se emplea la coagulación química y para la concentración de sólidos en los espesadores de fango. La función principal de la sedimentación es producir agua clarificada con turbiedad mínima, por lo general de 10 UNT (unidades nefelométrías de turbidez), para una

filtración posterior efectiva. El proceso de sedimentación depende de la realización adecuada de la coagulación y la floculación, el operador debe asegurar la obtención del mejor floc posible antes del sedimentador. En general, en los sedimentadores se debe asegurar una distribución adecuada del caudal, minimizar los cambios bruscos de flujo, asegurar una carga de rebose apropiado sobre los vertederos efluentes y controlar las cargas superficiales y los tiempos de retención.

9. **Tratamiento Secundario:** Es implementado para eliminar la materia biodegradable por medio de microorganismos (bacterias) que se alimentan de materia orgánica contaminante, la cual se encuentra disuelta o en forma coloidal, estas se convierten en las propias células de dichos microorganismos y se transforma en otros productos más simples, de manera que se degrada (Metcalf y Eddy). Estos procesos son llevados a cabo en diferentes reactores biológicos los cuales crean y mantienen unas condiciones pertinentes para permitir el desarrollo óptimo de los microorganismos. Los procesos biológicos que se utilizan para este proceso se clasifican en aerobios o anaerobios.

10. **Tratamiento terciario:** Sirve para eliminar determinados contaminantes que pudieran aun persistir en las aguas, tales como sales disueltas y micro contaminantes, al fin de eliminar los gérmenes patógenos y parásitos, color, detergentes, fosfatos, compuestos nitrogenados; disminución de materias disueltas y en suspensión, reducción de la carga orgánica si esta es muy elevada, las aguas presentan altos valores de DQO y DBO, aun después del tratamiento secundario. Los procesos que se llevan en este tratamiento son las siguientes:

11. **Filtración:** es un proceso mediante el cual ocurre la separación de sólidos de un agua, basado en el paso de una mezcla de sólido-líquido a través de un medio más o menos poroso en el cual retiene los mismos, permitiendo el paso del líquido. Es una operación utilizada para remover además de sólidos, material no sedimentable, turbiedad, fósforo, DBO, DQO, metales pesados, virus, por lo que asegura una calidad superior que el efluente secundario. Para la operación de filtración se suele utilizar diferentes tipos de filtros dependiendo de la

calidad del agua a filtrar y sus diferentes contaminantes La funcionalidad de la filtración se determina por la fuga de sólidos suspendidos en el efluente filtrado o por la pérdida de energía a través del filtro.

Hay distintas formas de clasificar los sistemas de filtración: por gravedad o a presión, lentos o rápidos. La operación de un filtro por gravedad consiste en llenar poco a poco, con agua, hasta cubrir totalmente el medio, para remover el aire acumulado entre los gránulos del lecho filtrante y así prevenir la alteración superficial del medio al entrar el afluente. Este llenado se recomienda hacer cada vez que se deje bajar el nivel del agua.

12. Filtros de carbón activado granular. Basan su funcionamiento introduciendo el agua por la parte superior de la columna y sale por la parte inferior, el carbón se mantiene en su lugar por medio de una rejilla en el fondo de la columna. Estos filtros se operan generalmente con flujo ascendente y descendente y deben lavarse con agua de buena calidad.

Uno de los problemas más comunes con el filtro de carbón es la obstrucción motivada por los sólidos en suspensión presentes en el agua residual a tratar. El problema de obstrucción del lecho de carbón se puede superar parcialmente si se utiliza un lavado superficial o aire, o ambos. La regeneración del carbón puede efectuarse mediante el lavado con distintos solventes orgánicos ácido mineral, sustancias cáusticas, vapor o calor seco. La remoción de compuestos orgánicos y de turbiedad en los filtros de carbón activado granular depende del tipo de carbón activado. Los filtros de carbón activado granular con tamaño efectivo pequeño y un coeficiente de uniformidad grande favorece la adsorción rápida de compuestos orgánicos.

13. **Filtros de arena:** los filtros de arena son usados para purificar el agua por medio de tanques grandes que contienen un lecho de arena por medio del cual el agua pasa a distintas tasas de 0,1 a 0,3 m/h. Estos han sido empleados para disminuir la carga orgánica y de nutrientes de las aguas residuales. A los filtros se les debe realizar un proceso de mantenimiento por medio de un retro lavado, dependiendo del método para el lavado, este puede ser de medio estratificado o no estratificado.
14. **Desinfección:** Se realiza con el objetivo de reducir principalmente el contenido de bacterias y virus en las aguas residuales tratadas previo a su exposición final (Metcalf y Eddy, 1994, p. 366). Consiste en la destrucción selectiva de los organismos causantes de enfermedades, debido a que todos los organismos se destruyen durante el proceso de tratamiento. En la actualidad los procesos de tratamiento de agua residual que se ejecutan utilizan para la desinfección la adición de cloro, aunque presenta efectos adversos como generación de algunos compuestos cancerígenos. El proceso de desinfección que se utilice se debe seleccionar dependiendo del caudal de agua residual a tratar, calidad final deseada de desinfección, razón de aplicación y demanda, el pH del agua que se va a desinfectar, y disponibilidad

3.2.6 Planta de tratamiento de lodos activados

De acuerdo con Urdaneta (2021), es una planta que se fundamenta en un proceso biológico, donde los microorganismos que crecen en el agua servida convierten la materia orgánica disuelta en productos más simples como: nuevas bacterias, dióxido de carbono y agua, de esta manera ocurre la purificación natural de las aguas servidas. Este tratamiento consiste en dos partes:

1. Tratamiento aerobio: consiste en un cultivo aerobio de microorganismos que oxidan la materia orgánica suspendida en el agua servida.
2. Procesos de biodegradación: consiste en un conjunto de procesos de oxidación de la materia orgánica disuelta (biodegradación) y producción de nueva biomasa celular (biosíntesis) cuyo objetivo es dejar el agua sin materia orgánica en suspensión, con valores de DBO (demanda bioquímica de oxígeno), SS (Sólidos suspendidos) y turbiedad bajos.

Los desperdicios generados por el proceso de tratamiento de aguas servidas con lodos activos, son los lodos; los cuales pueden ser aprovechados como abono si pasan por un correcto proceso de compostaje.

El compostaje, es transformar materia orgánica en abono se conoce como proceso de compostaje. " El proceso de compostaje consiste en la descomposición biológica aerobia y la estabilización de sustratos orgánicos, bajo condiciones que permitan el desarrollo de temperaturas termófilas (entre 50 y 70 °C), como resultado de la generación de energía calorífica de origen biológico, de la cual se obtiene un producto final estable, libre de patógenos y semillas, y puede ser aplicado al suelo beneficiosamente" La acción de los microorganismos consume oxígeno, produciendo dióxido de carbono, agua y altas temperaturas. El sistema requiere aireación para que el proceso se pueda ejecutar de manera adecuada, esta se puede dar por medio de aireadores por soplantes o con volteo con palas de manera manual. Tal como se observa en la siguiente figura:

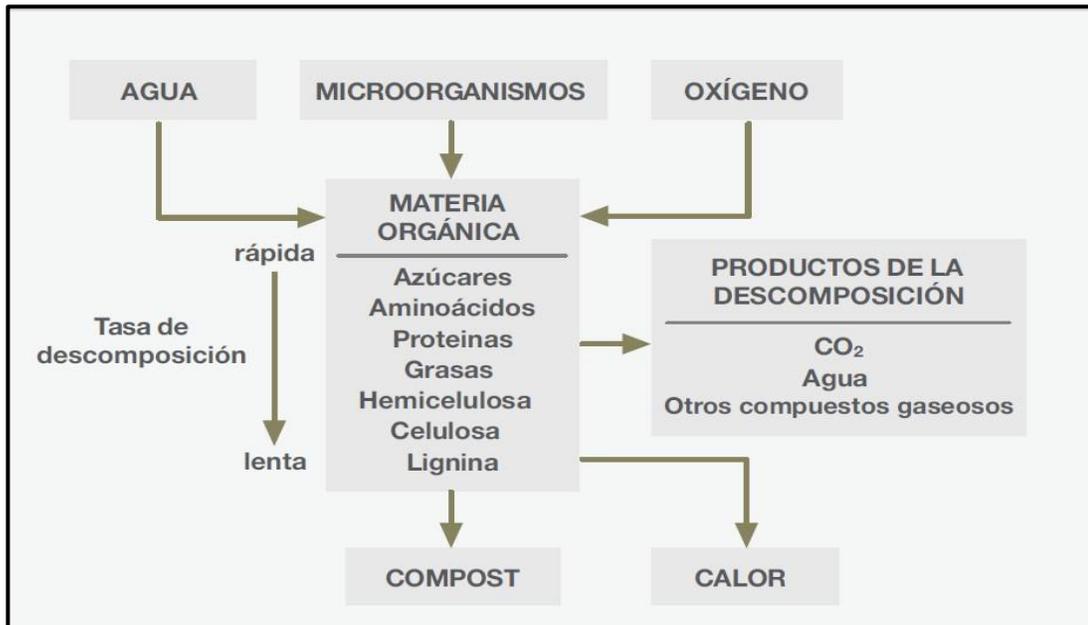


Figura 2.1: Esquema conceptual del proceso de compostaje. Fuente: Campos, Flotats, Magrí, Palatsi y Solé.

Antes de hacer un compostaje es necesario evaluar las condiciones de humedad y estructura, ya que son factores que afectan el proceso.

1. Humedad: si el agua no es suficiente entonces se tendrá un proceso lento y la materia orgánica no se podrá ser descompuesta por completo, mientras que por el contrario si existe presencia excesiva de agua entonces el oxígeno no podrá entrar por los poros, lo que ocasiona un bajo crecimiento de microorganismos. La humedad debe ser en todocaso por debajo del 80%.
2. Estructura: El tamaño de las partículas, la porosidad y la textura pueden limitar o favorecer la aireación y por consecuente la descomposición.

3.3 Bases Legales

Constitución de la República Bolivariana de Venezuela (1999)

Artículo 127: Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica. El genoma de los seres vivos no podrá ser patentado, y la ley que se refiera a los principios bioéticos regulará la materia. Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación, en donde el aire, el agua, los suelos, las costas, el clima, la capa de ozono, las especies vivas, sean especialmente protegidos, de conformidad con la ley. (p. 12)

El citado artículo es base legal de la presente investigación, por cuanto se refiere al derecho y deber de todos los venezolanos de proteger al medio ambiente y todo el ecosistema terrestre, lo que fundamenta el estudio, dado que se propone una planta de tratamiento de aguas residuales como solución a la problemática evidenciada durante la investigación, en el caso de Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco; que es donde se llevó a cabo el estudio.

Ley Orgánica de Ordenación del Territorio de Venezuela. (1983)

Artículo 2: A los efectos de esta Ley, se entiende por ordenación del territorio de regulación y promoción de la localización de los asentamientos humanos, de las actividades económicas y sociales de la población, así como el desarrollo físico espacial, con el fin de lograr una armonía entre el mayor bienestar de la población, la optimización de la explotación y uso de los recursos naturales y la protección y valorización del medio ambiente, como objetivos fundamentales el desarrollo integral. (p. 1)

El artículo es marco normativo del presente estudio, por cuanto se refiere a las características que contempla la Ley en el país, en cuanto a la ordenación del territorio a nivel nacional, dentro de las cuales una de las bases principales, es lograr la armonía del desarrollo de la población y el entorno, entendiéndose la propuesta de una planta de tratamiento de aguas residuales propuesta en el presente estudio, como una alternativa para contribuir a la mejora del medio ambiente y a la prevención de daños no solo en el ecosistema de la localidad bolivarense, sino en la misma población.

Norma para la Clasificación y Control de Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos (1995)

Artículo 10.- A los efectos de este Decreto se establecen los siguientes rangos y límites máximos de calidad de vertidos líquidos que sean o vayan a ser descargados, en forma directa o indirecta, a ríos, estuarios, lagos y embalses:

Parámetros Físico-Químicos	Límites máximos o rangos
Aceites minerales e hidrocarburos	20 mg/l
Aceites y grasas vegetales y animales	20 mg/l
Alkil Mercurio	Nodetectable (*)
Aldehidos	2.0 mg/l
Aluminio total	5.0 mg/l
Arsénico total	0.5 mg/l
Bario total	5.0 mg/l
Boro	5.0 mg/l
Cadmio total	0.2 mg/l
Cianuro total	0.2 mg/l
Cloruros	1000 mg/l

Parámetros Físico-Químicos	Límites máximos oranges
Cadmio total	0.2 mg/l
Cianuro total	0.2 mg/l
Cloruros	1000 mg/l
Cobalto total	0.5 mg/l
Cobre total	1 mg/l
Color real	500 Unidades de Pt-Co
Cromo Total	2.0 mg/l60
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5,20)	mg/l
Demanda Química de Oxígeno(DQO)	350 mg/l
Detergentes	2.0 mg/l
Dispersantes	2.0 mg/l
Espuma	Ausente
Estaño	5.0 mg/l
Fenoles	0.5 mg/l
Fluoruros	5.0 mg/l
Fósforo total (expresado como fósforo)	10 mg/l
Hierro total	10 mg/l
Manganeso total	2.0 mg/l
Mercurio total	0.01 mg/140
Nitrógeno total (expresado como nitrógeno)	mg/l
Nitritos + Nitratos (expresado como nitrógeno)	10 mg/16 – 9
Ph	
Plata total	0.1 mg/l
Plomo total	0.5 mg/l
Selenio	0.05 mg/l
Sólidos flotantes	Ausentes
Sólidos suspendidos	80 mg/l
Sólidos sedimentables	1.0 mg/l
Sulfatos	1000 mg/l
Sulfitos	2.0 mg/l
Sulfuros	0.5 mg/l
Zinc	5.0 mg/l

El artículo enmarca normativamente el presente estudio, por cuanto se establecen las condiciones mínimas para el contenido de minerales y residuos químicos en las aguas una vez que se realiza el tratamiento respectivo.

Métodos aprobados por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables

Radiactividad	
Actividad a	máximo 0,1 Bq/l
Actividad b	máximo 1,0 Bq/l

Parámetros Biológicos

Número más probable de organismos coliformes totales no mayores de 1.000 por cada 100 ml, en el 90% de una serie de muestras consecutivas y en ningún caso será superior a 5.000 por cada 100 ml. Parágrafo Primero: En ríos la variación de la temperatura media de una sección fluvial en la zona de mezcla, comparada con otra agua arriba de la descarga del vertido líquido, no superará los 3°C. En lagos y embalses la diferencia de temperatura del vertido con respecto al cuerpo de agua receptor no superará los 3°C.

El artículo enmarca normativamente el presente estudio, por cuanto se establecen las condiciones mínimas para el contenido de minerales y residuos químicos en las aguas una vez que se realiza el tratamiento respectivo.

3.4. Sistema de variables

Las variables son características del fenómeno en estudio, tal como señalan Guárdia y Perú (2016) “la variable es el proceso de representación (mediante una categoría o numéricamente), de una propiedad o característica propia del objeto evaluado”. (p. 11). Se trata de los elementos que se estudian de la población de interés y en la presente investigación se tienen como variables, las siguientes:

Variable nominal: Proponer el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, en Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.

Variables reales:

1. Características de las aguas servidas producidas en el Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.
2. Situación actual de las aguas servidas en la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.
3. Condiciones requeridas para el establecimiento de una planta de tratamiento de aguas servidas en la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.
4. Parámetros para el diseño de una planta de tratamiento de aguas servidas ubicada en la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.

3.4.1 Operacionalización de las variables

En el presente estudio, se realizó la operacionalización, según lo que indica Arias (2012), “se representan en un cuadro, contentivo de la definición nominal o conceptual de la variable según teorías, luego la definición real, que es la descomposición de la variable y, la definición operacional, que establecerá dimensiones, procedimientos e instrumentos de medición”. (p. 63). En la siguiente tabla, se presenta la operacionalización de variables de la presente investigación:

Tabla 2.6: Operacionalización de las variables

Variable Nominal	Variabes Reales	Indicadores	Técnicas e Instrumentos
<p>Proponer el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, en Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Características de las aguas servidas producidas en el Municipio Angostura Del Orinoco, - Situación actual de las aguas servidas en la Unidad Bombas Cloacas - Condiciones requeridas para el establecimiento de una planta de tratamiento de aguas servidas en la Unidad Bombas Cloacas - Parámetros para el diseño de una planta de tratamiento de aguas servidas ubicada en la Unidad Bombas Cloacas 	<ul style="list-style-type: none"> - Características físico - químicas. - Periodicidad de vertido - Origen de las aguas servidas - Riesgos - Tratamiento actual - Destino de las aguas servidas - Nivel de afectación de la población -Adecuación de la Unidad Bombas -Modelo de tratamiento de aguas -Equipos para tratamiento de aguas - Costos asociados al establecimiento de la planta - Características a cumplir por las aguas servidas que sean tratadas -Medidas de control -Seguimiento de resultados 	<p>Diagrama de Ishikawa</p> <p>Observación</p> <p>Revisión documental</p> <p>Lista de cotejo</p> <p>Entrevista</p>

Fuente: Los Autores (2023)

Definición de términos básicos

Agua: mejor conocida por su fórmula química H_2O , se encuentra en la naturaleza en forma de ríos, lagos y mares, ocupando un alto porcentaje en la superficie terrestre. Este elemento cumple una función vital para la supervivencia de los seres vivos, como también es fundamental para llevar a cabo todas las actividades domésticas o laborales que el ser humano desempeña diariamente. (Acosta, 2015, p. 23)

Aguas residuales: son aquellas que resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua que proviene de diferentes actividades y procesos que realiza el hombre, la calidad de estas aguas es pobre desde el punto de vista físico y microbiológico y no es apta para el consumo humano. Son clasificadas en aguas domésticas, aguas industriales, y aguas negras municipales. (Creus, 2014, p. 207)

Aguas servidas: son las aguas cloacales residuales de cualquier clase, provenientes de una edificación, con o sin contener material fecal y/u orina, pero sin contener aguas de Lluvia. (Norma COVENIN 656-01)

Calidad de un agua: está definida por su composición y por el conocimiento de los efectos que pueden causar cada uno de los elementos que contiene o el conjunto de todos ellos en su destino, permitiendo establecer las posibilidades de su utilización: Dicha calidad resultara de la suma de la calidad natural y de la calidad afectada por actividades humanas, que en general suponen una degradación, debiendo entenderse que agua natural y buena calidad no son palabras sinónimas (Acosta, 2015, p. 25)

Caudal de un río: es el volumen de agua que circula por su cauce en un lugar y tiempo determinado, es fluctuante a lo largo del año dependiendo de la pluviosidad a la que se exponga Este ocupa un factor importante cuando de aprovechamiento de aguas naturales se refiere. (Marín, 2012, p. 201).

Contaminación de las aguas: Acción o efecto de introducir elementos, compuestos o formas de energía capaces de modificar las condiciones del cuerpo de agua superficial o subterráneo de manera que se altere su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica para el desarrollo de la vida acuática y ribereña. (Decreto 883 de la República Bolivariana de Venezuela, 1995, p. 3)

Desinfección del agua: en los sistemas de abastecimiento constituye la barrera más importante contra las bacterias y virus patógenos; el cloro en una forma u otra, es el principal agente desinfectante utilizado en la mayoría de los países (Organización Panamericana de la Salud).

Tratamiento de aguas residuales: el trabajo de la planta de tratamiento de efluentes residuales consiste en eliminar estos materiales tanto como sea posible para no propiciar la contaminación de las aguas donde serán vertidas o ya sea también para el aprovechamiento de la misma. Los procesos de tratamiento de las aguas residuales se pueden categorizar en tratamiento primario, tratamiento secundario y tratamiento terciario. (Marín, 2012, p. 251).

Vertido líquido: Descarga de aguas residuales que se realice directa o indirectamente a los cauces mediante canales, desagües o drenajes de agua, descarga directa sobre el suelo o inyección en el subsuelo, descarga a redes cloacales, descarga al medio marino-costero y descargas submarinas. (Decreto 883 de la República Bolivariana de Venezuela, 1995, p. 3)

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

4.1 Tipo de investigación

La elección del tipo de investigación depende de los objetivos que se plantee el investigador, ya que los tipos de investigación difícilmente se presentan puros; generalmente se combinan entre sí y obedecen sistemáticamente a la aplicación de la investigación. (Tamayo y Tamayo 2011).

En función de lo señalado anteriormente, el presente estudio se desarrolló como investigación descriptiva, sobre la cual se indica es aquel tipo de estudio o investigación con la capacidad para seleccionar las características fundamentales del objeto de estudio y su descripción desarrollada de las partes, categorías o clases de dicho objeto. (Bernal 2016). En esencia, la investigación descriptiva se encarga de identificar y representar los elementos más resaltantes de un fenómeno.

Por su parte, en cuanto a la investigación proyectiva, En el diseño de la planta para aguas servidas, se realizará una investigación tipo proyectiva, donde se intenta proponer una solución al vertido final de las aguas servidas. Esto “implica explorar, describir y proponer alternativas de cambio, y no necesariamente ejecutar la propuesta” (Palella y Martins 2017). Como se mencionó anteriormente, la investigación aporta una solución al vertido de aguas servidas en los cuerpos acuíferos, disminuyendo así la contaminación que esto provoca, específicamente en Ciudad Bolívar, Municipio Angostura del Orinoco.

4.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación es la manera en la que se desarrolla el estudio y, es definido por Balluerka y Vergara (2016) como “el plan estructurado de acción, elaborado en función de unos objetivos básicos y que se orienta a la obtención de datos relevantes para resolver el problema planteado”. Indica, por lo tanto, los procedimientos para desarrollar el estudio.

Para el desarrollo de este trabajo de investigación, su diseño es de tipo documental y de campo. (Arias 2012) señala que la investigación documental "... es aquella que se basa en la obtención y análisis de datos provenientes de materiales impresos u otros tipos de documentos" Es decir, está referida a la delimitación de todos los aspectos teóricos de la investigación, para ellos se emplearán técnicas instrumentales basándose en la observación documental de temas afines como informes, proyectos de referencias bibliográficas.

El estudio es basado también en una investigación de campo (Arias 2012) señala que investigación de campo "...consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna."

4.3 Población de la investigación

4.3.1 Población de la investigación

El proceso de la investigación Científica” define la población como la “totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis o entidades de población que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio integrando un conjunto N de entidades que participan de una determinada característica Tamayo (2011), y se le denomina población por constituir la totalidad del

fenómeno adscrito a un estudio o investigación”.

La población o universo se refiere al conjunto para el cual serán válidas las conclusiones que se obtengan: a los elementos o unidades (personas, instituciones o cosas) involucradas en la investigación. (Arias 2012).

Cabe destacar que una población no le corresponde el mismo significado que el universo, tienen distinto contenido con respecto a los resultados que arrojan, simplemente a la población se considera subconjunto del universo. De esta manera se clasifican en dos categorías, población finita y población infinita y en este caso, y la población estuvo representada por la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar, en cuanto a población afectada, y elementos que la componen.

4.3.2 Muestra de la investigación

Al referirse a la muestra, se define como un subconjunto representativo y, finito que se extrae de la población accesible”. (Arias 2012). Y es importante destacar que, no se consideró muestra en la población sujeto de estudio, es decir, entre las personas, en función de lo que señala Arias (2012) sobre de “si la población, por el número de unidades que la integran, resulta accesible en su totalidad o es inferior a 100 unidades de estudio, no será necesario extraer una muestra”. (p. 83), en este caso, la población y la muestra, estuvieron representadas por la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar, en cuanto a población afectada, y elementos que la componen.

4.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En la investigación, se emplearon la observación directa y el análisis de contenido, como técnicas de recolección de datos. En tal sentido, al referirse a la observación directa Balluerka y Vergara (2016) indican “se refiere a las técnicas de captación controlada, sistemática y estructurada de los aspectos de un acontecimiento que son relevantes para un tema en estudio y para las suposiciones teóricas en las que este se basa”.

Por lo señalado, la observación permite identificar elementos importantes del fenómeno en estudio y, en este caso, la observación se empleó para obtener los datos de la realidad evaluada, realizar su clasificación y análisis, además de permitir el contacto de los investigadores con la realidad en estudio.

En este mismo sentido, como instrumento de recolección de datos se emplearon los cuadros de trabajo, sobre los cuales Pulido, Ballén y Zúñiga (2014) como representaciones gráficas o tablas, con casilleros, columnas y filas, que permiten recoger información que puede emplearse en análisis estadísticos o numéricos. En esencia, estos cuadros de emplearon con el fin de reflejar la información obtenida de la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar, en cuanto a población afectada, y elementos que la componen, para posteriormente realizar el análisis y emisión de conclusiones y recomendaciones y sustentar la propuesta presentada.

Igualmente, se empleó el análisis FODA, en este se llevó a cabo una evaluación de los procesos; realizando un análisis interno y externo de la situación actual de las aguas servidas en la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar, permitiendo el conocimiento de su estado actual y la posterior toma de decisiones con base en los resultados arrojados.

Las fortalezas y debilidades pertenecen al análisis interno, mientras que las oportunidades y amenazas al externo.

1. Factores externos: Son factores que se encuentran fuera del control para la situación actual; en los que se identifican:

Oportunidades: son aspectos positivos del escenario externo que se pueden aprovechar.

Amenazas: elementos del escenario externo que de ocurrir pueden afectar negativamente la situación actual.

2. Factores Internos: Son elementos que crean o destruyen valor para la situación actual. En este se identifican:

Debilidades: son los elementos internos que no ayudan a la situación actual, en cambio sí pueden afectarla negativamente.

Fortalezas: son los elementos internos que si se les saca provecho son de beneficio para la situación actual y para dar respuesta a los resultados obtenidos.

. En este mismo sentido, se empleó el Diagrama de Ishikawa que presenta la relación existente entre el resultado no deseado o no conforme de un proceso (efecto) y los diversos factores (causas) que pueden contribuir a que ese resultado haya ocurrido. Su relación con la imagen de una espina de pescado se da debido al hecho de que se puede considerar sus espinas las causas de los problemas planteados, que contribuirán al descubrimiento de su efecto. Este diagrama de puede ser aplicado a diversos contextos y de diferentes maneras, entre ellas, se destaca la utilización para:

1. Para ver las causas principales y secundarias de un problema (efecto).
2. Para ampliar la visión de las posibles causas de un problema, viéndolo de manera más sistémica y completa.
3. Para identificar soluciones, levantando los recursos disponibles por la empresa.
4. Para generar mejoras en los procesos.

Finalmente, se utilizó una matriz de riesgo, que es una herramienta de gestión, eficaz para identificar los riesgos resaltantes presentes en los procesos que ejecutan los trabajadores de una organización, que pueden ser de amenaza para su salud y seguridad; su uso permite la mejora del control de los riesgos y seguridad de la organización, ya que con base en la información arrojada se proponen acciones para disminuirlos y estimar el impacto que estas tendrán sobre ellos.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Objetivo específico N° 1: Identificar las características de las aguas servidas producidas en el Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.

De acuerdo con los resultados obtenidos por el Observatorio Venezolano de los Servicios Públicos (OVSP), en 2022; en donde encuestaron a diferentes poblaciones a nivel nacional y en el caso de las características de las fuentes de agua en Ciudad Bolívar, las distribuciones de respuestas de encuestados se muestran en los siguientes gráficos:

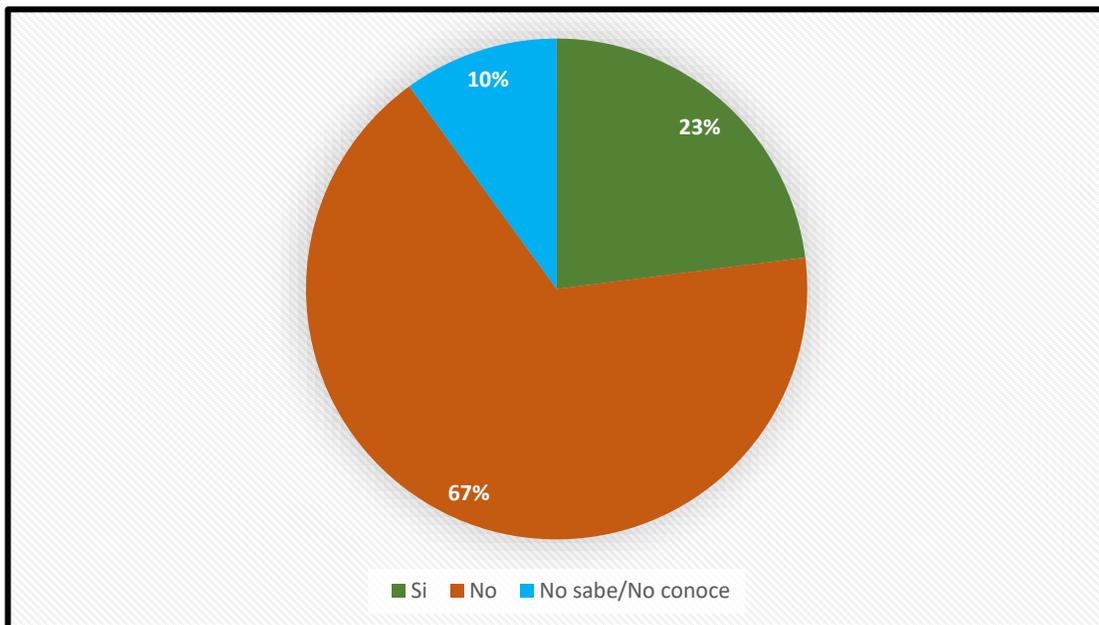


Figura 5.1: Distribución porcentual sobre la implementación de medidas para proteger las fuentes de aguas naturales. Fuente: Observatorio Venezolano de los Servicios Públicos (OVSP) (2022)

De acuerdo con los resultados de la encuesta se puede observar que, el 67% de la población bolivarense entrevistada, reconoce que en la localidad no existen medidas para la protección de las fuentes de aguas naturales, como ríos, quebradas y similares; mientras que, el 23% indica que si se implementan medidas para brindar protección a las fuentes naturales de agua de la localidad y el 10% restante, desconoce si existe o no, alguna medida o mecanismo que se emplee para proteger los afluentes naturales de agua en Ciudad Bolívar.

Por su parte, en cuanto al tratamiento específico de las aguas servidas en la Ciudad, los resultados se muestran a continuación:

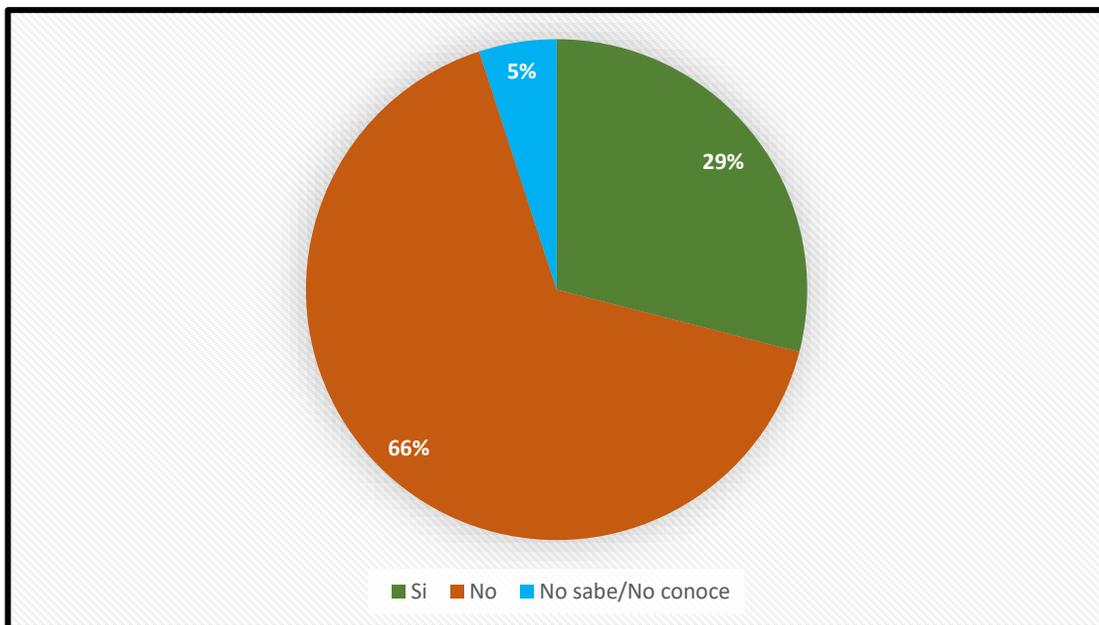


Figura 5.2: Distribución porcentual respecto a si existen mecanismos de tratamiento de aguas servidas en la localidad. Fuente: Observatorio Venezolano de los Servicios Públicos (OVSP) (2022)

En función de los resultados de la encuesta se observa que, el 66% de la población bolivarense entrevistada, indica que en la localidad no existen mecanismos para el tratamiento de las aguas servidas; mientras que, el 29% indica que, si existen medios

para el tratamiento de las aguas servidas locales y el 5% restante, desconoce si existe o no, mecanismos para el tratamiento de las aguas servidas producidas en Ciudad Bolívar.

En este mismo sentido, en cuanto a la proporción de población entrevistada que, manifestó conocer algún mecanismo para el tratamiento de las aguas servidas, se planteó la interrogante respecto a cuál es el medio específico para dicho tratamiento; de lo cual, los resultados se observan a continuación:

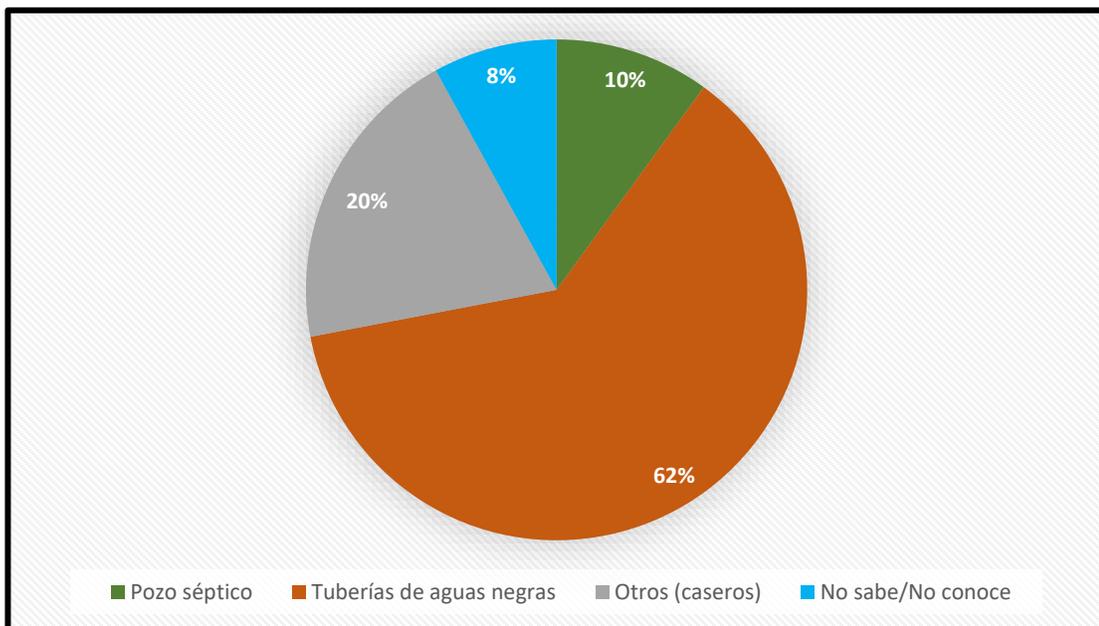


Figura 5.3: Distribución porcentual respecto a los medios utilizados para el tratamiento de las aguas servidas en la localidad. Fuente: Observatorio Venezolano de los Servicios Públicos (OVSP) (2022)

Según los resultados de la encuesta se puede observar que, el 62% de la población bolivarense entrevistada, indica que el medio que se utiliza en la localidad para el tratamiento de aguas servidas son las tuberías de aguas negras; mientras que, el 20% indica que se implementan medidas caseras para tratar el agua servida, como la sedimentación o la filtración con rejillas o mallas; otro 10% señala que el tratamiento

de las aguas servidas locales se realiza a través de pozos sépticos y el 8% restante, desconoce si existe o no, el medio empleado para el tratamiento de las aguas servidas en Ciudad Bolívar.

Es importante destacar que, según lo señala Muñoz (2016) en su estudio sobre el Estado Bolívar y sus regiones, realizado para la Fundación de Empresas Polar; en donde señala que el 58,2% de las viviendas ocupadas está dotado de servicio de eliminación de excretas y que solamente en Ciudad Guayana se cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, la cual ha resultado insuficiente para el constante crecimiento de la población; mientras que en el resto de los centros poblados, las aguas residuales se descargan directamente a los cuerpos de agua, representando un problema de contaminación ambiental y de salud pública; tal como es el caso de lo que sucede en Ciudad Bolívar.

Por su parte, en cuanto a la caracterización química y biológica, se encuentra el estudio realizado por Rodríguez (2012), publicado en la Revista Universidad, Ciencia y Tecnología, en donde se identifican los resultados de las aguas vertidas en el río Orinoco que es donde se vierten actualmente las aguas residuales de la localidad bolivarense; y se tomó un total de diez (10) muestras de cinco sectores del tramo Ciudad Bolívar, cuatro (4) muestras de dos lagunas, cuatro (4) muestras de balnearios. Tal como se muestra en la siguiente figura:

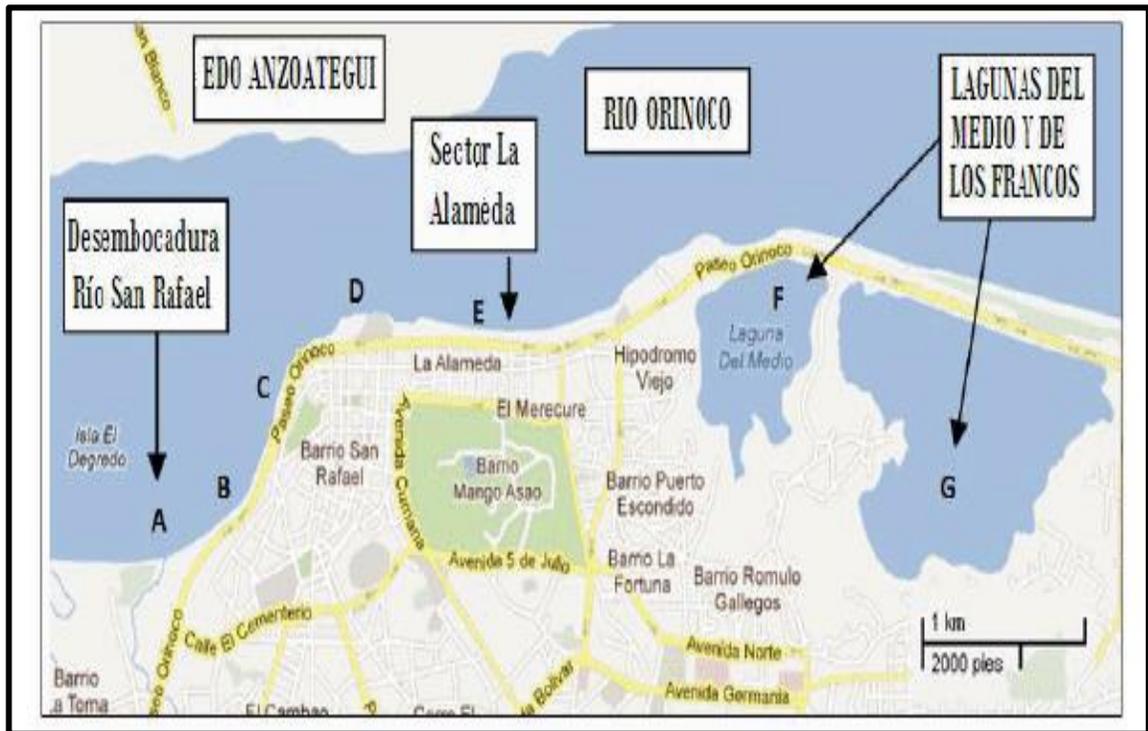


Figura 5.4: Puntos de muestreo en el Río Orinoco. Fuente: Rodríguez, C. (2012)

Por su parte, en cuanto a los recuentos para los indicadores bacterianos encontrados en las muestras tomadas del río Orinoco para el tramo Ciudad Bolívar evidenciados en la anterior figura; el resultado arrojó que, los niveles más elevados se encontraron en los sectores Desembocadura del Río San Rafael, La Cruz del Perdón y La Alameda, con valores de hasta 10^6 UFC/100 ml para bacterias heterótrofas totales; además, presencia de *Escherichia coli* y valores de enterococos de hasta dos diluciones decimales. Todo lo cual, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 5.1: Indicadores bacterianos de las muestras del río Orinoco, tramo Ciudad Bolívar. (Rodríguez, 2012)

Lugar del muestreo (Río Orinoco)	Bacterias heterótrofas totales UFC/100 ml	Clostridios sulfato reductores UFC/100 ml	Coliformes Totales NMP/100 ml	Coliformes Fecales NMP/100 ml	<i>E. coli</i>	Entero-cocos UFC/100 ml
Sector Buena Vista	7×10^2	$1,1 \times 10$	70	<2,2	0	0
	$1,5 \times 10^3$	$3,0 \times 10$	70	<2,2	0	0
Frente a la balsa de succión CVG	$2,4 \times 10^3$	$9,1 \times 10$	24	<2,2	0	0
	$1,3 \times 10$	$1,0 \times 10$	12	<2,2	0	0
Desembocadura Río San Rafael	$2,3 \times 10^4$	Incontables a las 24h	2.100	1.300	Positivo	$1,2 \times 10^2$
	$1,9 \times 10^4$	$1,3 \times 10^2$	2.400	<2,2	0	0
Sector La Cruz del Perdón	5×10^5	Incontables a las 24h	10.000	6.000	Positivo	$2,0 \times 10^2$
	$3,2 \times 10^6$	Incontables a las 24h	70.000	24.000	Positivo	$1,7 \times 10^2$
Sector La Alameda	$3,8 \times 10^6$	Incontables a las 24h	> 100.000	70.000	Positivo	$1,7 \times 10^2$
	$3,6 \times 10^6$	Incontables a las 24h	> 100.000	70.000	Positivo	$2,1 \times 10^2$

En la tabla anterior, se evidencia que, dentro de los resultados de indicadores bacterianos, la mayor presencia de bacterias heterótrofas totales es en el sector Buena Vista con 7×10^2 , seguidos del sector la Cruz del Perdón, con 5×10^2 , y luego, en ambas zonas muestreadas en el Sector La Alameda, que es donde se localiza la Unidad Bombas Cloacas en Ciudad Bolívar, la concentración de bacterias heterótrofas totales es de $3,8 \times 10^2$ y de $3,6 \times 10^2$; en ambas muestras tomadas del sector; además de que el sector presenta incontables Clostridios sulfato reductores a las 24 horas; evidencia positiva para *Echericha Coli* y Entero-cocos UFC/100ml; la concentración es la de

mayor presencia en todas las muestras tomadas en los diferentes puntos del Río Orinoco en el tramo Ciudad Bolívar, con $2,1 \times 10^2$.

En este sentido, cabe destacar que, de acuerdo con Cruz (2014), dada la amplitud y longitud del caudal del río Orinoco, además de su extensión en alrededor de los dos tercios de la cuenca venezolana; este cuerpo de agua debe analizarse por tramos, sectores o cuerpos de agua generados, por sus zonas de navegación, o por áreas de contacto humano total o parcial; dado que debido a las características bacteriológicas y los parámetros fisicoquímicos, varían de acuerdo a las actividades que se realicen en el entorno, a lo largo de cada tramo o sector del cuerpo de agua. Al respecto y en concordancia con lo estudiado por Rodríguez (2012); Cruz (2014), sostiene lo siguiente:

En los cuerpos de agua del río Orinoco analizados en esta investigación destaca la contaminación bacteriana en los sectores Desembocadura del Río San Rafael, La Cruz del Perdón y La Alameda, justamente frente a Ciudad Bolívar, producto de las descargas no controladas que se producen en la margen derecha del río. Es de hacer notar que el sector La Alameda mostró niveles de bacterias heterótrofas totales de hasta $3,6 \times 10^6$ UFC/100 ml y recuentos de clostridios sulfito-reductores, coliformes y enterococos superiores a los demás analizados, lo cual pudiera explicarse porque geográficamente está ubicado río abajo en comparación con los anteriores y el efecto de las descargas es sumativo. (p. 1)

Se debe destacar que, las investigaciones que incluyen el análisis bacteriológico y físico – químico de las aguas del Río Orinoco, son limitadas; aunque si bien, en algunos estudios anteriores a los de Rodríguez (2012), si se realizó muestreo de algunas zonas, resultan antiguos y las variaciones de las actividades humanas e inclusive de las condiciones ambientales, son actualmente diferentes.

En este mismo sentido, de acuerdo con Lanz (2016), en estudios realizados entre 2005 a 2007, por la Red de Calidad de Agua de los ríos Orinoco y Caroní que opera CVG, en el cual se registraron “en forma recurrente” valores superiores a los establecidos para los usos más restrictivos como son el contacto humano total o parcial, siendo estos los referentes a los coliformes totales y fecales y las concentraciones de aceites y grasas, hierro total, aluminio total y fenoles.

De acuerdo con lo indicado por estos estudios y los realizados entre 2012 y 2014, de acuerdo con el estudio bacteriológico del agua del Río Orinoco, tramo Ciudad Bolívar, se evidencia que el agua procedente de los sectores Desembocadura del Río San Rafael, Sector La Cruz del Perdón y Sector La Alameda no es apta para el contacto humano porque sus recuentos exceden los límites de la norma sanitaria vigente para este tipo de aguas.

De este modo, actualmente, las aguas servidas, son descargadas en el afluente del Río Orinoco a través de seis puntos aguas abajo y otro punto que está aguas arriba de la Toma del Acueducto; lo que, según Lanz (2016), implica la urgencia no solo de una planta de tratamiento de aguas servidas, sino el oportuno acceso al sistema de cloacas y el desecho apropiado de las aguas negras, en donde vuelve a comenzar el ciclo.

En las siguientes imágenes, se muestran las descargas de las aguas servidas en el Río Orinoco:



Figura 5.5: Evidencia de descarga de aguas servidas en el afluente del Río Orinoco. (Levantamiento en el sitio, 2023)



Figura 5.6: Evidencia de descarga de aguas servidas en el afluente del Río Orinoco. (Levantamiento en el sitio, 2023)

Objetivo específico N° 2: Detallar la situación actual de las aguas servidas en la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.

La localización de la Estación o Unidad Bombas Cloacas, entre los puntos 8.145005, -63.541124; se muestra en la siguiente figura:

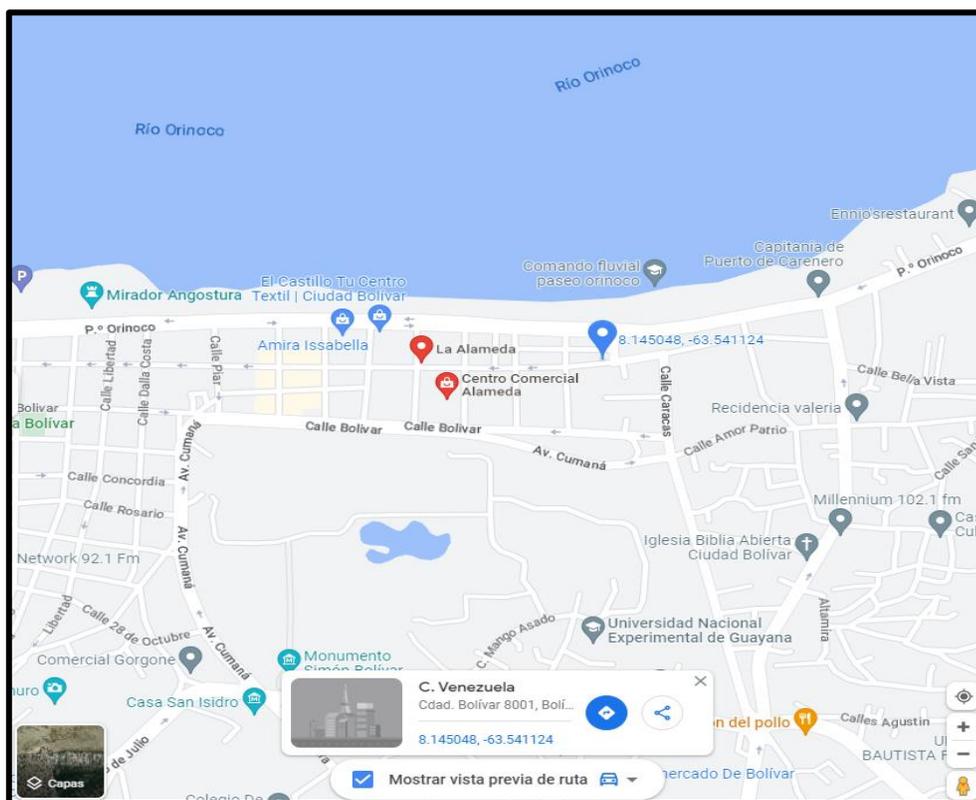


Figura 5.7: Localización de la Estación Bombas Cloacas. (Fuente: Google Maps 2023)

La Estación o Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, se encarga de descargar las aguas servidas de los sectores ubicados en el Casco Histórico, Fuente Luminosa, La Alameda, y las reenvía al Jardín Botánico, es decir, 60% de la ciudad; generalmente, mediante un sistema que trabaja con tres equipos, los cuales descargan mil 800 litros por segundo en paralelo.

De igual forma, a continuación, se muestra el estado de las edificaciones que componen la Estación o Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar:



Figura 5.8: Estado actual de las edificaciones en la Estación Bombas Cloacas. (Fuente: Levantamiento en el sitio, 2023)

Cabe destacar que, la figura anterior, se corresponde con el edificio principal de la Unidad, la cual se encuentra inoperativa, aunque aun posee en el interior de sus instalaciones, las tuberías y equipos empleados para bombear las aguas servidas de los sectores correspondientes, como se mencionó anteriormente, al 60% de la localidad bolivarense.

Igualmente, a continuación, se muestran en las siguientes figuras, las condiciones de los equipos localizados en la Estación o Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda:



Figura 5.9: Estado actual de las edificaciones y equipos en la Estación Bombas Cloacas. (Fuente: Levantamiento en el sitio, 2023)



Figura 5.10: Estado actual de las edificaciones y equipos en la Estación Bombas Cloacas. (Fuente: Levantamiento en el sitio, 2023)



Figura 5.11: Estado actual de las edificaciones y equipos en la Estación Bombas Cloacas. (Fuente: Levantamiento en el sitio, 2023)



Figura 5.12: Estado actual de las edificaciones y equipos en la Estación Bombas Cloacas. (Fuente: Levantamiento en el sitio, 2023)

Igualmente, el estado en el que se encuentra la Estación o Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, en donde se puede observar la contaminación por desechos líquidos; además de que las distintas descargas directas sin ningún tipo de tratamiento previo al Rio Orinoco; evidenciándose además, la ruptura del colector emisario 24” y de la necesidad de sustituir tramos de tuberías ya que generan la salida de las aguas residuales que ocasionan el estancado que se observa en las imágenes anteriores.

Igualmente, es manifiesto el mal estado de las instalaciones, específicamente de la cerca tipo alfajor que cubre las instalaciones y equipos encargados de la recolección y vertido de las aguas servidas al Rio Orinoco; tal como se muestra en la siguiente figura:



Figura 5.13: Estado actual de las edificaciones y equipos en la Bombas Cloacas. (Fuente: Levantamiento en el sitio, 2023)

Cabe destacar que, la Estación o Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar; no es una planta de tratamiento de agua sino la que propulsa las aguas servidas de diferentes sectores de la localidad bolivarense, para ser vertidos en el Rio Orinoco, sin ser tratadas previamente, lo que como se ha mencionado anteriormente, representa además de una amenaza al ambiente y al ecosistema del propio cuerpo de agua; ocasiona que el agua del tramo Ciudad Bolívar del Rio Orinoco, sea inapropiada para el consumo humano y por ende, las comunidades aledañas se encuentren en riesgo. Todo ello, como se observa en los vertederos de las siguientes figuras:



**Figura 5.14: Vertederos de agua desde la Estación Bombas Cloacas.
(Fuente: Levantamiento en el sitio, 2023)**



**Figura 5.15: Vertederos de agua desde la Estación Bombas Cloacas.
(Fuente: Levantamiento en el sitio, 2023)**

Como resultado de lo evidenciado en el levantamiento en el sitio, se logra entonces identificar como problemáticas esenciales, la ausencia de un adecuado tratamiento de las aguas servidas en la localidad en general, ya que no se cuenta con una planta de tratamiento en la Ciudad; y específicamente en la Estación o Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, se evidencia inoperatividad de equipos, roturas de tramos de tuberías, con el consecuente escape de aguas a diferentes direcciones tanto dentro del enrejado de las instalaciones como fuera, ya que en época de lluvias, las aguas servidas de todo el Casco Histórico que es de donde colecta la Estación Bombas Cloacas, y el agua residual proveniente de las precipitaciones, ocasionan desbordamiento y las aguas estancadas llegan hasta las adyacencias de la Estación, y el propio sector La Alameda y las calles circundantes.

Como resultado de la investigación de campo y documental realizada, se elaboró una matriz de riesgo de la situación actual que ocasionan las aguas servidas en la Estación o Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, en Ciudad Bolívar, la cual se muestra a continuación:

Tabla 5.2: Situación actual de las aguas servidas en la Estación Bombas Cloacas (Elaboración propia, 2023)

Proceso: Tratamiento de aguas servidas		
Zona /lugar: Estación o Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar		
Actividades: vertido de aguas servidas a Fuente de agua cercana (Rio Orinoco)		
Peligro/descripción: presencia de organismos biológicos como: bacterias, virus, entre otros hallados en excrementos y fluidos en el agua servida recibida y los lodos	Peligro/descripción: Exposición a radiación solar	Peligro/descripción: Presencia de vapores y gases
Peligro/clasificación: Biológico	Peligro/clasificación: Físico	Peligro/clasificación: Químico
Efectos posibles: enfermedades e infecciones	Efectos posibles: insolación /irritación de la piel/fatiga visual y física	Efectos posibles: irritación de mucosas expuestas
Controles existentes/fuente: Ninguno	Controles existentes/fuente: Ninguno	Controles existentes/fuente: Ninguno
Nivel de deficiencia: Muy alto (10)	Nivel de deficiencia: Alto (6)	Nivel de deficiencia: Muy alto (10)
Nivel de probabilidad: (30) muy alto	Nivel de probabilidad: (24) muy alto	Nivel de probabilidad: (30) muy alto
Nivel de consecuencia: grave (25)	Nivel de consecuencia: grave (25)	Nivel de consecuencia: grave (25)
Nivel de riesgo: np*nc= (750)	Nivel de riesgo: np*nc= (600)	Nivel de riesgo: np*nc= (750)
Interpretación/nivel de riesgo: I	Interpretación/nivel de riesgo: I	Interpretación/nivel de riesgo: I

De acuerdo a los resultados obtenidos en la matriz de riesgos elaborada, los riesgos a los cuales se encuentran expuestos actualmente tanto los habitantes de comunidades adyacentes como el posible personal de la Unidad o Estación Bombas Cloacas; implican elevados niveles de impacto y probabilidad de riesgos físicos, químicos y biológicos, con posibles consecuencias que pueden generar enfermedades, emisión de gases dañinos y un sin número de agentes contaminantes al ambiente; pero que, pudiesen ser evitados con la existencia de una planta de tratamiento de aguas servidas, además del respectivo mantenimiento de sus equipos, instalaciones y maquinarias.

Igualmente, como complemento para conocer el estado actual del manejo de las aguas servidas en la Unidad o Estación Bombas Cloacas, en Ciudad Bolívar; se procedió a elaborar una matriz de causa y efecto o matriz de Ishikawa, en donde se pueden evidenciar de forma esquemática y precisa, los inconvenientes generados por la actual situación de las aguas servidas en el sector y en la Unidad, específicamente; todo lo cual, se muestra en la siguiente figura:

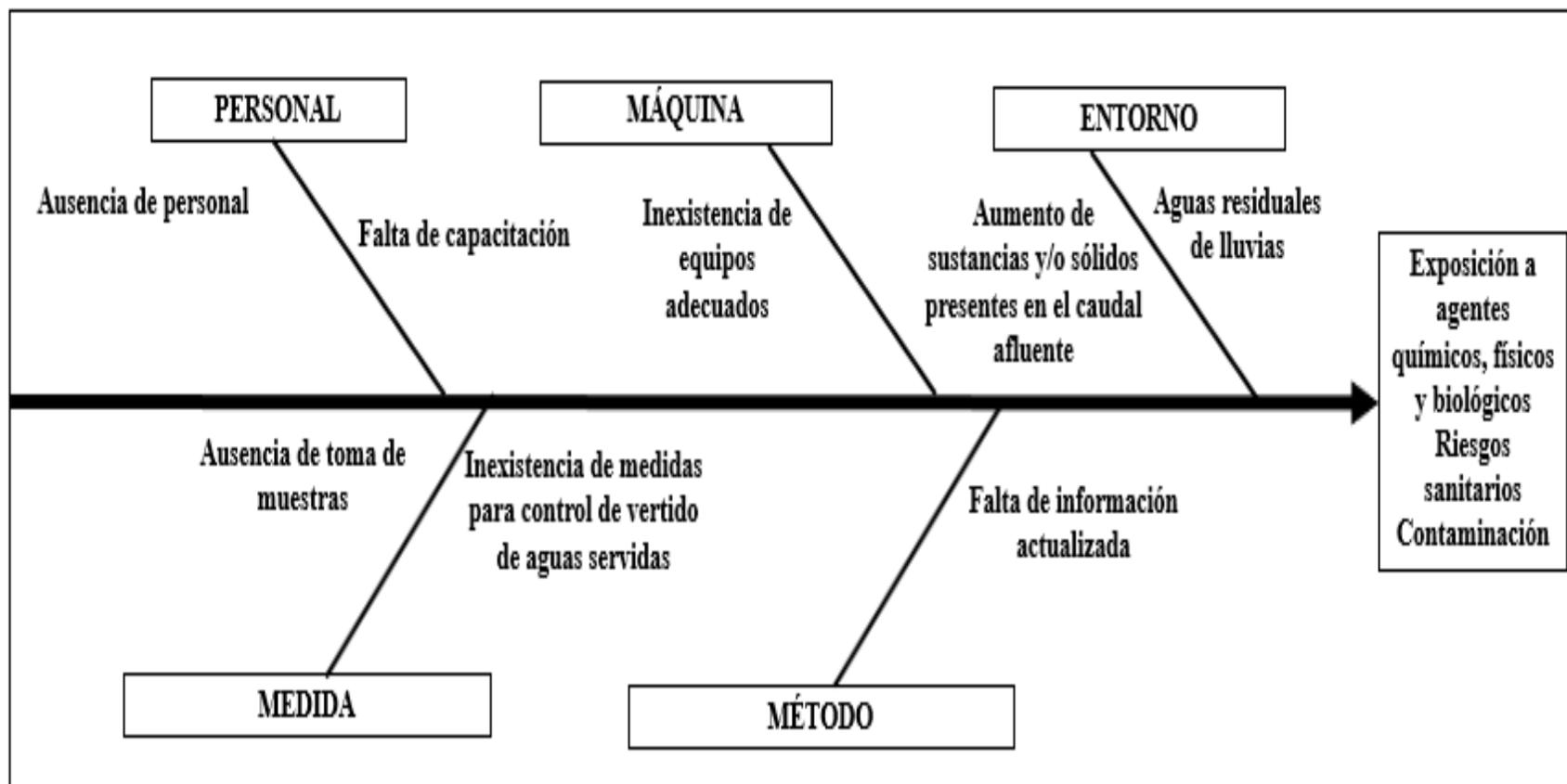


Figura 5.16: Matriz Ishikawa de la situación actual en la Estación Bombas Cloacas. (Fuente: Elaboración propia, 2023)

Análisis del diagrama causa-efecto: Exposición a agentes químicos, físicos y biológicos, Riesgos sanitarios y Contaminación.

Del análisis realizado se tiene que las razones principales que pueden ocasionar la Exposición a agentes químicos, físicos y biológicos, Riesgos sanitarios y Contaminación en la Estación o Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, se evidencian en los siguientes factores:

1. Factores del Entorno: La sub-causa dentro de este factor es el aumento de sustancias y/o solidos presentes en el caudal afluente del Río Orinoco; dependiendo del uso dado en el día, se pueden incrementar las sustancias solidas o liquidas presentes, acarreando la exposición a elementos químicos, biológicos y físicos en valores que no se ajustan a los estándares o normas sanitarias establecidas.
2. Factores de medida: ausencia de toma de muestras y la inexistencia de medidas para control de vertido de aguas servidas; lo que implica que se desconozcan realmente en períodos actualizados, los datos sobre los elementos que efectivamente se encuentran presentes en las aguas servidas en la planta y se generen los inconvenientes en los factores de método, que se evidencian en la falta de información actualizada.
3. Factores de máquina: evidenciándose en la ausencia de equipos para el tratamiento de las aguas servidas, por cuanto en la localidad bolivarense, no se encuentra ninguna de las plantas para esta labor, que se activaron anteriormente en el territorio nacional pero que, en la actualidad, la mayor parte de ellas, se encuentra inoperante o con inconvenientes de funcionamiento.
4. Factores de personal: se evidencia en la falta de personal capacitado en las actividades de tratamiento de aguas servidas, dada la misma ausencia de una planta para este proceso, dentro de la localidad bolivarense.

Objetivo específico N° 3: Establecer las condiciones requeridas para el establecimiento de una planta de tratamiento de aguas servidas en la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.

De acuerdo con el perfil del Programa de Rehabilitación y Optimización de Plantas preparado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), para el año 2011 el país disponía de 875 plantas potabilizadoras (incluye un número considerable de plantas sencillas con cloración y en ocasiones desarenado y/o filtración) para el abastecimiento de centros poblados con más de 5.000 habitantes, de las cuales solamente 210 requerían inversiones de rehabilitación.

Sin embargo, en la actualidad, todas estas plantas con más de cuarenta años de operación continúan, mantienen una mínima o nula capacidad de producción y no alcanzan la eficiencia operativa propuesta en un principio, lo que incrementa los costos de operación y los riesgos de desabastecimiento para la población.

De acuerdo con el programa del BID, dentro de las causas de estas deficiencias se destacan el deterioro y la obsolescencia de sus equipos electromecánicos, instrumentos y dosificadores, y también las instalaciones de obra civil; además de que muchas de las plantas fueron construidas cerca de las ciudades que captaban aguas crudas de cuencas en buen estado de conservación, pero que, al transcurrir el tiempo, estas cuencas han sido ocupadas sin planificación y de forma desordenada, por urbanismos y zonas industriales que descargan sus aguas en las fuentes de agua cruda que las alimentan, por lo que dichas aguas no cumplen con los requerimientos de calidad para ser tratadas con los procesos convencionales que fueron instalados cuando entraron en servicio, los cuales en consecuencia deben ser reforzadas con procesos de tratamiento avanzados.

Cabe destacar que, como medida para ayudar a solventar la problemática del agua en el país, Venezuela obtuvo de CAF préstamos por un monto de US\$ 300 millones para rehabilitar y actualizar las plantas mayores establecidas en grandes ciudades, y además un préstamo del BID por un monto de US\$ 100 millones para rehabilitar y actualizar las plantas intermedias, que son las que abastecen las ciudades con poblaciones comprendidas entre 5.000 y 500.000 habitantes.

Igualmente, continua la información del BID, que, con el objeto de superar los desniveles topográficos, estos sistemas disponen de una capacidad de bombeo instalada de cerca de 1.000 MW; con 40 estaciones de bombeo en los sistemas de producción (con potencia superior de 5 MW) y 200 estaciones de bombeo en los sistemas de distribución. Además, existen unos 500 Km de tuberías de aducción de más de 1,5 m de diámetro, alrededor de 30.000 km de tuberías de distribución de agua potable, y unos 20.000 Km de tuberías de alcantarillado.

Sin embargo, ninguna de esas plantas de tratamiento fue localizada en Ciudad Bolívar, siendo la referencia de una actividad más cercana, la Planta de Tratamiento de Aguas servidas, localizada en la Universidad Católica Andrés Bello (UCAB), en Ciudad Guayana.

En este sentido, para la implantación de una planta de tratamiento de aguas servidas en donde actualmente se localiza la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar; se deben considerar inicialmente, los requerimientos legales, en donde se encuentra la Constitución y la Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento es competencia del Poder ejecutivo nacional (LOPSAPS), todo ello, por medio del Ministerio del Poder Popular para el Ambiente; el aprovechamiento del recurso agua, mientras que los municipios tienen la competencia de suministrar el agua después del proceso de potabilización y devolverla limpia al ambiente.

Por su parte, estos requerimientos legales establecen que, los estados podrán prestar asistencia técnica, administrativa y financiera en los servicios de agua potable y recolección de aguas residuales, así como financiar programas de inversión para el desarrollo de estos servicios.

En este sentido, y de acuerdo con Higuerey, González y Trujillo (2012), la LOPSAPS prevé que los prestadores son los responsables de la planificación, proyecto, construcción, operación y mantenimiento, rehabilitación, ampliación y comercialización de los servicios de agua potable y de saneamiento, y de cobrar los costos asociados a dichas actividades.

En este sentido, esta ley señala como responsable al prestador del servicio de agua dentro de un ámbito geográfico denominado Unidad de Gestión, que está constituido por uno o más municipios que se unen con el propósito de aprovechar economías de escala y ser eficientes. Las municipalidades tienen la obligación de crear unidades de gestión que generen recursos para costear la operación y mantenimiento de los sistemas y un margen para financiar inversiones; para poder calificar a los aportes del Gobierno Nacional.

Sin embargo, de acuerdo con lo que señala el BID, los prestadores privados de servicios de agua en el país, se encuentran sin un marco de referencia efectivamente aplicable, dada la derogación de la Ley del INOS y la LOPSAPS sin implantar; lo cual ocasiona que no se encuentren indicadores creíbles de la prestación de estos servicios y que no se ha logrado ninguna de las ventajas que se esperaba alcanzar con la implantación de la LOPSAPS; que se basan en la separación de los roles de regulación, control y prestación, sistema de formulación de políticas y planificación estratégica para coordinar la participación de los distintos entes del Gobierno, un sistema de regulación integral de aplicación eficaz y transparente, un modelo de gestión administrativa, financiera y operativamente eficiente, un esquema de financiamiento

sectorial basado en el reconocimiento del costo eficiente de la prestación de los servicios y en el principio de la equidad social en el suministro y un régimen de subsidios eficiente que garantice el acceso de toda la población a los servicios.

En cuanto a los requerimientos financieros, el BID, sostiene que, del total de plantas de tratamiento de agua del país, el monto requerido para gasto corriente e inversiones para el primer año se ha estimado en US\$ 450 millones calculados de la siguiente manera:

1. 100MM US\$ para gastos de personal sobre la base de 16.000 trabajadores a US\$500 por mes c/u.
2. 50 MM US\$, para gastos de funcionamiento.
3. 300 millones US\$, para rehabilitación y renovación.

El BID, sostiene que, el monto total requerido para el funcionamiento de estas plantas de tratamiento de agua, se encuentra por debajo del promedio de América Latina que es del 0,7%. Este organismo internacional, sostiene que, dentro de los proyectos relativos a los recursos hídricos en Venezuela, deben considerarse como desafíos urgentes, los siguientes:

1. Rehabilitar infraestructura.
2. Revertir el mal servicio.
3. Asegurar el financiamiento.
4. Crear talento Sostenibilidad.
5. Modernizar el marco legal.
6. Recuperar fuentes de agua.
7. Monitoreo y seguimiento.
8. Estandarizar indicadores de los servicios de agua potable y saneamiento.
9. Ejercer la organización para la transición a los nuevos proyectos.

10. Establecer planes de acciones urgentes (PAU).
11. Diseñar planes de recuperación operativa (PRO).
12. Ejecutar auditorías de grandes sistemas de bombeo.
13. Establecer TDR para la auditoría de plantas de tratamiento.

Asimismo, la LOPSAPS, establece que el servicio de saneamiento es definido como "... la recolección por tuberías de las aguas servidas de los domicilios incluyendo su conexión, así como los procesos asociados de conducción, tratamiento y disposición final de dichas aguas servidas". Este proceso abarca:

1. Recolección de aguas residuales: es la recolección de las aguas residuales desde los puntos de conexión con los usuarios hasta los puntos de entrega para su tratamiento o disposición final.
2. Disposición de aguas residuales: incluye el tratamiento o depuración de las aguas residuales y su posterior conducción hasta los sitios de descarga.

En cuanto a los requerimientos del agua, posterior a su tratamiento en la planta propuesta, se encuentran las Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos (1995), de donde se deben considerar los siguientes requerimientos:

Tipo 1: Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable, siempre que ésta forme parte de un producto o subproducto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él.

Las aguas del tipo I se desagregan en los siguientes subtipos:

Tabla 5.3: Subtipos de aguas para uso doméstico e industrial que requieren agua potable. (Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos 1995)

Sub-Tipo 1A:	Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes.
Sub-Tipo 1B:	Aguas que pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración.
Sub-Tipo 1C:	Aguas que pueden ser acondicionadas por proceso de potabilización no convencional

En este sentido, para la propuesta de la planta de tratamiento de aguas servidas en Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar; se debe considerar la clasificación del Sub-Tipo 1B, ya que son aguas para las que no se propondrá la potabilización no convencional o por métodos no tradicionales, sino que se planteó las aguas para ser acondicionadas por medio de tratamientos como la coagulación, la floculación, la sedimentación, la filtración o la cloración.

Igualmente, las aguas que se produzcan en la planta de tratamiento propuesta, deben presentar las siguientes características respecto a los límites y rangos:

Tabla 5.4: Límites y rangos de las aguas luego del tratamiento en la planta propuesta. (Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos 1995)

Parámetro	Límite o rango máximo
Oxígeno disuelto (O.D.)	mayor de 4,0 mg/l. (*)
pH	mínimo 6,0 y máximo 8,5.
Color real	menor de 150, U Pt-Co
Turbiedad	menor de 250, UNT.
Fluoruros	menos de 1,7 mg/l.
Organismos coliformes totales	promedio mensual menor a 10000 NMP por cada 100 ml

Objetivo específico N° 4: Señalar los parámetros para el diseño de una planta de tratamiento de aguas servidas ubicada en la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.

Se proyecta una conducción se saneamiento unitarias dado que aguas abajo desembocará en un colector interceptor general que recoge en todo su recorrido, conjuntamente las aguas residuales y pluviales, previo aliviadero de conexión.

Se utiliza como caudal para el diseño hidráulico de las conducciones el caudal más desfavorable determinado por:

$$Q_{\max} = (QD)^h_p + (QI)^h_p + QP + QF \quad (5.1)$$

Donde:

$(QD)^h_p$ = Caudal de aguas residuales domésticas en el año horizonte

$(QI)^h_p$ = Caudal de aguas residuales industriales en el año horizonte

QP: Caudal de aguas pluviales

QF: Caudal de infiltración

Los caudales de aguas residuales domésticas se calcularon a partir de las dotaciones de agua potable posibles actuales y posibles futuras para el año horizonte.

Se adoptan las siguientes dotaciones:

Actual = 250 l/hab. x día

Para el año horizonte = 350 l/hab. x día

Se expresa como QDA B el caudal de aguas residuales domésticas, en donde:

Superíndice A:

a: año actual.

h: año horizonte.

Subíndice B:

min: mínimo.

m: medio.

p: punta.

Caudal medio $QD^a_m = (\text{Dot}^a * Pa) / 86400$

$QD^h_m = (\text{Dot}^h * Ph) / 86400$

Caudal punta

1. Caudales medios mayores de 2 l/seg:

$QD^a_p = QD^a_m + 2,6 (QD^a_m) 0,7 \text{ (l/seg)}$.

$QD^h_p = QD^h_m + 2,6 (QD^h_m) 0,7 \text{ (l/seg)}$.

2. Caudales medios menores de 2 l/seg:

$QD^a_p = 5,5 (QD^a_m) 0,2 \text{ (l/seg)}$.

$QD^h_p = 5,5 (QD^h_m) 0,2 \text{ (l/seg)}$

Caudal mínimo: Se adopta como caudal mínimo el 50 % del caudal medio, sin considerar el caudal de infiltración.

Caudal de infiltración: se tomó como caudal de infiltración el mismo valor que el del caudal medio actual de aguas residuales, y se denomina:

$QF = \text{Caudal de infiltración}$

En relación al Coeficiente de escorrentía (C) para la planta, se identificó de acuerdo con lo establecido en el Manual de Drenajes del Ministerio de Obras Públicas de Venezuela (MOP) (1967), en donde los factores a considerar para el cálculo del coeficiente; se muestran en la siguiente figura:

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA						
Cobertura Vegetal	Tipo de suelo	Pendiente del terreno				
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
		>50%	50%>S≥20%	20%>S≥5%	5%>S≥1%	<1%
Sin Vegetación	Impermeable	0,80	0,75	0,70	0,65	0,60
	Semipermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Permeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
Cultivos	Impermeable	0,70	0,65	0,60	0,55	0,50
	Semipermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Permeable	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20
Pastos, vegetación ligera	Impermeable	0,65	0,60	0,55	0,50	0,45
	Semipermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Permeable	0,35	0,30	0,25	0,20	0,15
Hierba, Grama	Impermeable	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40
	Semipermeable	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30
	Permeable	0,30	0,25	0,20	0,15	0,10
Bosques, Densa vegetación	Impermeable	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35
	Semipermeable	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
	Permeable	0,25	0,20	0,15	0,10	0,05

Figura 5.17: Coeficientes de Escorrentía según condiciones de cada zona.
Fuente: Manual de Drenajes del Ministerio de Obras Públicas (1967)

Cabe destacar que, el Manual de Drenajes del Ministerio de Obras Públicas (1967), establece que, para zonas con riesgo de incendios, los coeficientes señalados anteriormente, se incrementan de acuerdo con las siguientes condiciones:

Hierba, pastos y vegetación ligera, bosques y densa vegetación: Multiplicar por 1,30.

Cultivos: Multiplicar por 1,1.

De acuerdo a estas consideraciones y dado que la zona analizada se encuentra en la clasificación de pastos, vegetación ligera y sus condiciones son permeables, y con una pendiente suave, su coeficiente de escorrentía es de 0,20; pero, al multiplicarlo por el 1,30, el coeficiente de escorrentía real es de 0,26.

El valor de las velocidades en tramos por gravedad se calcula mediante la fórmula de Manning, con un coeficiente de rugosidad de 0,0133:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2} \quad (5.2)$$

Donde:

V = velocidad media(m/s)

n = coeficiente de Manning

R = radio hidráulico (m)

I = pendiente (m/m)

El calado relativo (Y/D) para el caudal máximo de proyecto es de 0,75.

1. La velocidad máxima, siempre que sea posible, será inferior a 3 m/seg.
2. La velocidad mínima, siempre que sea posible, será de 0,6 m/seg.
3. Se comprobará que las partículas del agua residual de diámetro equivalente inferior a 3 mm son arrastradas por el caudal mínimo de proyecto. Si esto no se cumple, se comprobará que se cumple con el caudal medio de aguas residuales actual.
4. Los coeficientes de rugosidad de Manning generalmente adoptados en conducciones de saneamiento son los siguientes:

Hormigón: n = 0,013

Gres: n = 0,010

PVC, PE: n = 0,010

CAPÍTULO VI

LA PROPUESTA

6.1 Formulación de la propuesta

Para proponer el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, en Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar; se deben implementar las siguientes acciones:

Realizar el conocimiento físico del terreno, en donde se incluye el levantamiento topográfico, que se realiza para conocer el área disponible, así como los niveles y pendientes del terreno. En este sentido, en la siguiente figura se muestra el terreno tanto donde se encuentra ubicada la Estación Bombas Cloacas y sus adyacencias, que es la localización propuesta para la planta de tratamiento de aguas servidas:



Figura 6.1: Edificaciones localizadas en el terreno propuesto para la instalación de la planta de tratamiento en la Estación o Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda. (Fuente: Levantamiento en el sitio, 2023)



Figura 6.2: Terreno propuesto para la instalación de la planta de tratamiento adyacente a la Estación o Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda. (Fuente: Levantamiento en el sitio, 2023)



Figura 6.3: Terreno propuesto para la instalación de la planta de tratamiento adyacente a la Estación o Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda. (Fuente: Levantamiento en el sitio, 2023)

Seguidamente y en consideración con el terreno en donde se propone la instalación de la planta de tratamiento de aguas servidas, se procede a identificar el diseño o plano de distribución de la planta; en donde se consideran los siguientes parámetros o medidas para incluir cada uno de los elementos de la planta propuesta:

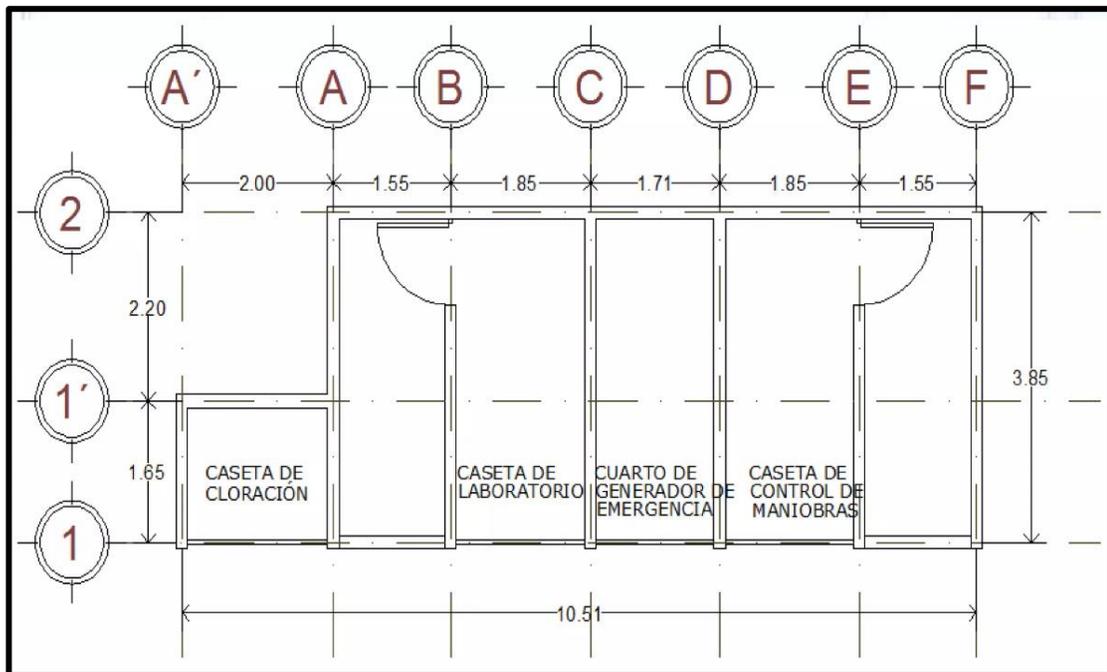


Figura 6.4: Plano de distribución de la planta de tratamiento propuesta.
(Fuente: Castañeda, 2015)

En este sentido, a continuación, se identifican los componentes que deben incluirse en la planta de tratamiento de aguas propuesta:

Caja derivadora: con dimensiones de 2mt de ancho x 2,50mt de largo y 1,80mt de profundidad; se construye en un tabique de barro rojo, que en su interior debe contener dos canales que recibirán el agua residual, uno de ellos, conduciéndola al desarenador y el segundo, encargado de desviar el exceso de agua captada, que generalmente provienen de la lluvia; a fin de que no ingrese al sistema y afecte el tratamiento de la

planta. En la siguiente figura se visualiza el interior de la caja derivadora, evidenciándose los dos canales en su interior:

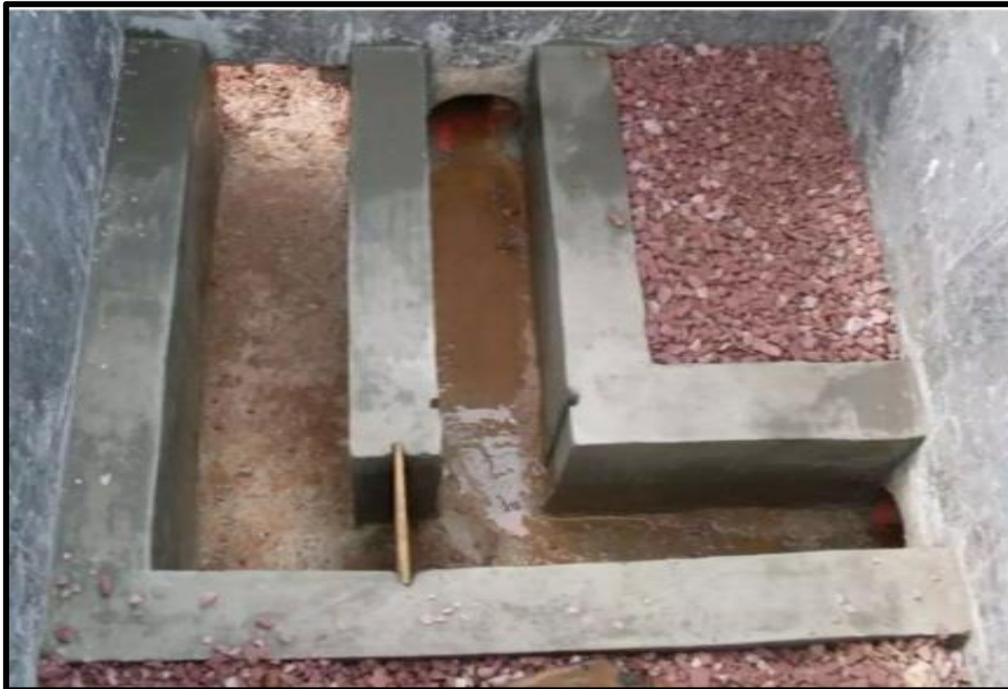


Figura 6.5: Interior de la caja derivadora para la planta de tratamiento propuesta. (Fuente: Castañeda, 2015)

Desarenador: es una especie de caja constituida por dos canales, en donde se reduce la velocidad del agua y donde los materiales pesados que sean arrastrados por el agua, como grava, piedras y similares; caen o se sedimentan y son atrapados en el fondo del desarenador. En el desarenador, se realiza el primer proceso de limpieza a las aguas captadas.

El desarenador, debe contener cuatro compuertas de hierro galvanizado ubicadas en las entradas y salidas de cada canal; además de cuatro rejillas, localizadas en pareja en cada canal y es donde se remueven papeles, bolsas y desechos solidos de más de una pulgada de diámetro, que han sido arrastrados por el agua. El diseño para la planta propuesta, puede apreciarse en las siguientes figuras:



Figura 6.6: Modelo del desarenador para la planta de tratamiento propuesta. (Fuente: Castañeda, 2015)



Figura 6.7: Modelo del desarenador para la planta de tratamiento propuesta. (Fuente: Castañeda, 2015)

Se debe introducir dentro del desarenador, un Canal Parshall, que se encargará de medir el agua que ingrese a la planta de tratamiento; y se debe colocar dentro del desarenador a nivel de loza y antes del cárcamo de bombeo; además, junto al canal, debe colocarse un sensor ultrasónico, conectado a un dispositivo totalizador a fin de medir y calcular de forma continua, el flujo total en unidades de volumen del agua en la planta.

El cárcamo de bombeo: es una estructura de forma circular construida de tabique de barro rojo (ladrillos), que se encuentra unida al desarenador, cuya función es almacenar el agua temporalmente para ser bombeada hacia el tanque distribuidor. Tal como el modelo mostrado en la siguiente figura:



Figura 6.8: Modelo del cárcamo de bombeo para la planta de tratamiento propuesta. (Fuente: Castañeda, 2015)

Reactor anaerobio híbrido en flujo ascendente, que es un tanque cerrado donde se ejecuta una reacción bioquímica, es un reactor de forma continua, lo que implica que, el agua a tratarse, ingresa constantemente en él, así como el agua ya tratada que es

descargada por la salida. El modelo de este reactor anaerobio, se identifica en la siguiente figura:



Figura 6.9: Modelo del Reactor anaerobio híbrido para la planta de tratamiento propuesta. (Fuente: Castañeda, 2015)

Tanque de secado de lodos y tanque de lixiviados: el tanque de secado de lodos, es un tanque construido de ladrillos, y se localiza entre los dos reactores con una separación de 50cm; su finalidad es extraer los lodos extraídos y acumulados dentro del reactor, estos lodos son expulsados a través de un tubo de 4" de diámetro, colocado a un extremo del reactor y dirigido al tanque de lodos. En cuanto al tanque de lixiviados, se construye de ladrillos, y tiene como función, almacenar el agua que es extraída del tanque de secado de lodos. En las siguientes figuras, se muestran modelos de estos dos tipos de tanques:



Figura 6.10: Modelo de Tanque de secado de lodos y tanque de lixiviados para la planta de tratamiento propuesta. (Fuente: Castañeda, 2015)

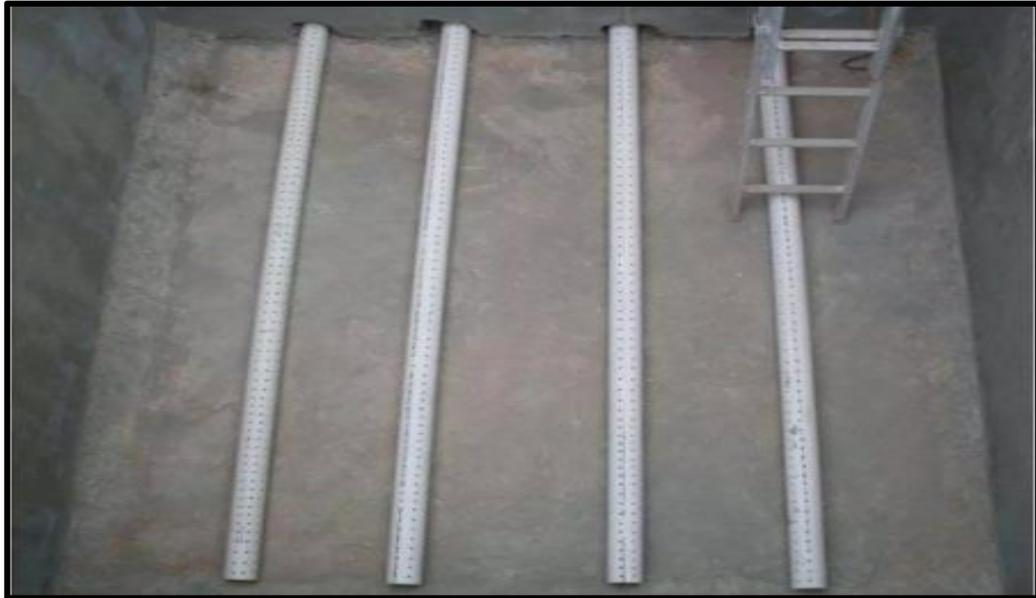


Figura 6.11: Modelo de Tanque de secado de lodos y tanque de lixiviados para la planta de tratamiento propuesta. (Fuente: Castañeda, 2015)

Tanque distribuidor: es una estructura elevada, construida de ladrillo, que se localiza sobre el tanque de lixiviados, encargándose de disminuir la presión del agua y distribuirla equitativamente entre los dos reactores. El agua llega al tanque distribuidor, por medio de un tubo de 3" de diámetro, conectado a una bomba localizada en el cárcamo de bombeo. El modelo del tanque distribuidor, se aprecia en la siguiente figura:



Figura 6.12: Modelo de Tanque distribuidor para la planta de tratamiento propuesta. (Fuente: Castañeda, 2015)

Caseta de operaciones: necesaria para las operaciones de la planta de tratamiento.

Caseta de control de maniobras: es donde se efectúa el arranque y las paradas de las bombas ubicadas en el cárcamo de bombeo, y se alimenta el tanque distribuidor de agua; además de efectuarse el control de alumbrado; a su vez, también se emplea para las actividades de control cotidiano de la planta de tratamiento de aguas servidas. Esta caseta, se puede realizar de acuerdo con el modelo mostrado en la siguiente figura:



Figura 6.13: Modelo de Caseta de control de maniobras para la planta de tratamiento propuesta. (Fuente: Castañeda, 2015)

Se plantea también, construir un canal de drenaje pluvial a base de concreto, cuya función será encausar el agua pluvial hacia los escurrimientos naturales evitando que el agua de las precipitaciones, ingrese a la planta de tratamiento.

Igualmente, en el plano de distribución, se sugiere un cuarto para generador de emergencias, que también funciona como depósitos y, un área o caseta de cloración, a fin de clorar el agua tratada en la planta. Además, se sugiere incluir el tanque de almacenamiento de aguas tratadas, a fin de que permanezcan en adecuado estado para uso o consumo, una vez se ha aplicado el proceso de tratamiento en la planta propuesta. Esto tal como se muestra en la siguiente figura:



Figura 6.14: Modelo de tanque de almacenamiento de aguas tratadas para la planta de tratamiento propuesta. (Fuente: Castañeda, 2015)

Finalmente, a fin de brindar protección y resguardo de la planta de tratamiento de aguas servidas propuesta, se plantea la instalación de una cerca o malla ciclónica perimetral de alambre galvanizado de 63 x 63 mm de abertura y un calibre de 10,5mm; de 2mt de altura y espiral en ambos extremos con tubos galvanizados de 2” de diámetro, con 3mt de separación y la colocación de postes de 3” de diámetro en cada esquina del terreno. El modelo para enrejado para la planta propuesta, se muestra en la siguiente figura:



Figura 6.15: Modelo de enrejado para la planta de tratamiento propuesta. (Fuente: Castañeda, 2015)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Una de las principales preocupaciones a nivel internacional, e inclusive incluida en los objetivos de desarrollo sustentable de la Organización de las Naciones Unidas (ONU), para el año 2030; es garantizar el acceso a toda la población a servicios de agua en condiciones adecuadas, suficientes y oportunas; lo que no solo incluye el surtido del vital líquido para los pobladores de cada nación, sino también el adecuado saneamiento y disposición de las aguas servidas que se producen de actividades industriales o domesticas; evitando en todo momento, la destrucción de las fuentes naturales de agua en los diferentes países; para lo que se hace indispensable la implementación de medidas diferentes al vertido líquido directo de aguas servidas en las fuentes de agua naturales.
2. Sin embargo, en el caso venezolano, en contraposición de la situación del resto de la región latinoamericana, en donde los países han procurado establecer una institucionalidad razonablemente consolidada y han evidenciado capacidad de ejecución a lo largo de los años en los programas para garantizar la universalidad del derecho al agua y a la protección de los recursos hídricos; en Venezuela, esta situación está lejos de normalizarse, por cuanto en el caso del saneamiento de las aguas, y a pesar de ayuda financiera de organismos internacionales como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID); todas las plantas de tratamiento de agua, se encuentran con inconvenientes para su operación normal o inoperantes en su totalidad; por lo que los esfuerzos nacionales deben concentrarse entonces en revertir el colapso generalizado de los servicios relativos al suministro de agua potable; además de iniciar la recuperación operativa e institucional de este sector y luego, del saneamiento de las aguas servidas.

3. En el caso específico de las aguas servidas producidas en el Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar; aunque se cuenta con poca información, dada las pocas investigaciones realizadas en esta materia, especialmente por parte de entidades gubernamentales; se identifica situación de elevado riesgo para la población, por cuanto las aguas servidas son vertidas sin previo saneamiento, al afluente del Rio Orinoco, especialmente desde la Estación Bombas Cloacas del Sector La Alameda, que recolecta alrededor del 60% del total de aguas servidas de la localidad y en donde, los estudios químicos y bacteriológicos que se han realizado, han evidenciado presencia en niveles no aceptables para aguas de consumo o contacto humano, de bacterias, minerales y agentes contaminantes que implican riesgo importante de salubridad no solo para los habitantes de Ciudad Bolívar, sino para los de las comunidades aledañas al Rio, a nivel nacional.
4. Igualmente, en la actualidad y de acuerdo a la investigación realizada, las aguas servidas en la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda; representan diversos riesgos que implican elevados niveles de impacto y probabilidad de riesgos físicos, químicos y biológicos, con posibles consecuencias que pueden generar enfermedades, emisión de gases dañinos y un sin número de agentes contaminantes al ambiente.
5. En función de ello, y como conclusión de las condiciones requeridas para el establecimiento de una planta de tratamiento de aguas servidas en la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda; se consideraron los requerimientos establecidos en las normativas legales, específicamente en el Decreto 883, en donde se identifica que, las características del agua se clasifican dentro del sub sector B1, que son aguas que, luego de ser tratadas por métodos convencionales diferentes a la simple desinfección; se pueden emplear para nuevos usos; como domésticos y cultivos e igualmente, se identificó que, los recursos provenientes

pueden provenir del financiamiento obtenido por el Estado Venezolano, a través del BID, para la mejora y reestructuración del sistema de agua potable y de los sistemas de saneamiento de agua a nivel nacional.

6. De igual forma, en relación a los parámetros para el diseño de una planta de tratamiento de aguas servidas ubicada en la Unidad Bombas Cloacas, Sector Alameda; se consideraron los requerimientos establecidos en el Manual de Drenajes del Ministerio de Obras Públicas de Venezuela (MOP) (1967), de acuerdo al cual, se identificó un coeficiente de escorrentía a considerar en la planta, de 0,26 por el tipo de zona en donde se encuentra el terreno considerado para su establecimiento; además de proponer la fórmula de Manning, de caudal máximo, medio y mínimo para el cálculo del movimiento de aguas que podría presentarse en la planta de tratamiento propuesta; además de proyectarse una media de aguas servidas de 250 l/h para el año actual y de 350 l/h para los próximos años.
7. Como resultado de la investigación, se identificaron los elementos requeridos para el diseño de la planta, en donde se propone el terreno que actualmente ocupan las instalaciones de la Estación Bombas Cloacas, así como el terreno adyacente; con el fin de contar con el espacio suficiente e identificado en el plano propuesto; que se compone de un cuarto de control de maniobras, una caseta o cuarto para generador de emergencia, la caseta de cloración para el agua y la caseta de laboratorio, con el fin de realizar las pruebas pertinentes a las aguas que se procesen dentro de la planta de tratamiento.
8. En cuanto a los aditamentos requeridos, en el Capítulo VI del presente estudio, se identificaron los componentes a construir, así como sus especificaciones de diseño y utilidad; tales como la Caja derivadora en donde se distribuye el agua que ingresa a la planta; así como el Desarenador, que es el primer paso para el

saneamiento del agua dentro de la planta; e igualmente, el cárcamo de bombeo y el Reactor anaerobio híbrido en flujo ascendente, que es donde se ejecuta una reacción bioquímica; además de los tanques de lodo y de lixiviados, que en conjunto, y con la posterior cloración, componen el proceso de saneamiento de las aguas servidas en la planta propuesta dentro del presente estudio.

Recomendaciones

1. Es indispensable la ejecución de acciones por parte de organismos públicos y privados, mixtos, inclusive, para atender la problemática del agua en las localidades a nivel nacional, garantizando el acceso de la población venezolana a recursos hídricos de calidad y que no representen riesgos para su salud.
2. Se recomienda, analizar no solo las normativas legales existentes, sino la posibilidad de actualizar la regulación en materia de servicios de agua potable, saneamiento y cuidado del ambiente en general, a nivel nacional venezolano.
3. Es indispensable la recuperación de las plantas de tratamiento de aguas servidas a nivel nacional, además del restablecimiento de la eficiencia de los servicios públicos y los prestados por entes descentralizados o privados, en cuanto al agua potable y procesos de saneamiento dentro del territorio nacional.
4. Se recomienda implementar medidas distintas al vertido líquido directo de aguas servidas en el afluente del Río Orinoco, en Ciudad Bolívar, a fin de disminuir el nivel de contaminación que presenta el cuerpo de agua y evitar riesgos para el ambiente y la salud de los habitantes de comunidades cercanas al Río, no solo en Ciudad Bolívar, sino a nivel nacional.

5. Es recomendable establecer una planta de tratamiento de aguas servidas en la localidad bolivarenses, para lo que se sugiere revisar las consideraciones incluidas en el Capítulo VI, del presente estudio, en donde se identifican no solo las características de los componentes de la planta, sino además, la función de cada uno y que se basó inclusive, en la proyección del incremento de las aguas servidas en los próximos años; por lo que contiene las consideraciones elementales para presentar una solución a la problemática evidenciada en la presente investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, R.** (2015). Saneamiento ambiental e higiene de los alimentos. Argentina: Editorial Brujas.
- Arias, F.** (2012). El proyecto de investigación: guía para su elaboración. Venezuela; Editorial Episteme.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID).** (2018). Programa de Rehabilitación y Optimización de Plantas.
- Castañeda, R.** (2015). Proceso constructivo de una planta de tratamiento de aguas residuales. Universidad Nacional de Chontalpa.
- Centro de Investigaciones Ecológicas de Venezuela.** (2016). Una Planta de Tratamiento de Aguas Servidas para Ciudad Bolívar.
- Constitución de la República Bolivariana de Venezuela.** (1999). Gaceta Oficial N° 36.860, publicada el 30 de diciembre de 1999.
- Creus, A.** (2014). Instrumentación industrial. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A.
- Decreto 883 de la República Bolivariana de Venezuela.** (1995). Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos.
- Grupo Orinoco.** (2018). Hoja de Ruta para recuperar los servicios de Agua Potable y Saneamiento en Venezuela.

Higuerey, Á.; González, M. y Trujillo, L. (2012). Situación actual de los servicios de suministro de agua en Venezuela. Cayapa. Revista Venezolana de Economía Social. vol. 12, núm. 24, julio-diciembre, 2012, pp. 9-36.

Ley Orgánica de Ordenación del Territorio de Venezuela. (1983). Gaceta Oficial Extraordinaria N° 3.238, publicada el 11 de agosto de 1983.

Ley Orgánica de Modelación Urbanística de Venezuela. (1987). Gaceta Oficial N° 36.868, publicada el 16 de diciembre de 1987.

Ley Orgánica para la Prestación de los Servicios de Agua Potable y de Saneamiento (LOPSAPS). (2001). Gaceta Oficial N° 5.568 Extraordinario. Diciembre, 31, 2001.

Marín, R. (2012). Fisicoquímica y microbiología de los medios acuáticos. España; Ediciones Díaz de Santos.

Metcalf y Eddy. (1995). Ingeniería de Aguas Residuales (Tratamiento, Vertido y Reutilización). España; Mc Graw- Hill.

Muñoz, E. (2016). Estudio sobre el Estado Bolívar y sus regiones. Venezuela; Editorial de la Fundación de Empresas Polar.

Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos o efluentes líquidos de la República de Venezuela. (1995). Decreto 883, 11 de octubre de 1995.

Observatorio Venezolano de los Servicios Públicos (OVSP). (2022). Boletín Nro. 34 – Abril 2022. Venezuela.

Palella, S. y Martins, F. (2017). Metodología de la investigación cuantitativa. Venezuela; FEDUPEL.

Rodríguez, C. (2012). Calidad de cuerpos de agua: Municipios Heres y Caroní del estado Bolívar, Venezuela Marzo - abril 2010. Revista Universidad, Ciencia y Tecnología.

ANEXOS

A.1 VISTA DE LAS INSTALACIONES ACTUALES DE LA ESTACIÓN BOMBAS CLOACAS



A.2 VISTA DE LAS INSTALACIONES ACTUALES DE LA ESTACIÓN BOMBAS CLOACAS



Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 1/6

Título	PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, EN BOMBAS CLOACAS, SECTOR ALAMEDA, MUNICIPIO ANGOSTURA DEL ORINOCO, CIUDAD BOLÍVAR – ESTADO BOLÍVAR
Subtítulo	Proponer el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, en Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar.

Autor(es)

Apellidos y Nombres	Código CVLAC / e-mail	
Marchi B. Zaida C.	CVLAC	26.499.983 / 26.883.882
Pacheco D. Ray D.	e-mail	zaidadmarchi@gmail.com
	e-mail	Raypacheco17@gmail.com

Palabras o frases claves:

Impacto Ambiental
Aguas residuales
Actividades Humanas
Sistema de cloacas
Recursos e Industrias
Medio Ambiente
Planta de tratamiento

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 2/6

Líneas y sublíneas de investigación:

Área	Subárea
Ciencias de la Tierra	Dpto. Ingeniería Civil

El objetivo general de la presente investigación fue proponer el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales, en Bombas Cloacas, Sector Alameda, Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar, Estado Bolívar. Para lo cual se realizó una investigación de tipo descriptiva y proyecto factible, con diseño de campo; empleando las técnicas de observación directa y las listas de cotejo y el cuestionario como instrumentos. Se concluye que las aguas servidas producidas en el Municipio Angostura Del Orinoco, Ciudad Bolívar; aunque se cuenta con poca información, dada las pocas investigaciones realizadas, especialmente por parte de entidades gubernamentales; se identifica situación de elevado riesgo para la población, por cuanto las aguas servidas son vertidas sin previo saneamiento, al afluente del Rio Orinoco y la Estación Bombas Cloacas recolecta alrededor del 60% del total de aguas servidas locales y en donde, los estudios químicos y bacteriológicos que se han realizado, han evidenciado presencia en niveles no aceptables para aguas de consumo o contacto humano, de bacterias, minerales y agentes contaminantes que implican riesgo importante de salubridad no solo para los habitantes locales, sino para los de las comunidades aledañas al Rio Orinoco, a nivel nacional. Igualmente, dentro de las consideraciones para establecer la planta de tratamiento, se identificó un coeficiente de escorrentía de 0,26 por el tipo de zona para su establecimiento; además de proponer la fórmula de Manning, y de caudal máximo, medio y mínimo para el cálculo del movimiento de aguas que podría presentarse en la planta de tratamiento; además de proyectarse una media de aguas servidas de 250 l/h para el año actual y de 350 l/h para próximos años. Se recomienda oportuno, considerar las especificaciones señaladas en el Capítulo VI del presente estudio, a fin de evaluar el establecimiento de la planta de tratamiento de aguas servidas propuesta.

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 3/6

Contribuidores:

Apellidos y Nombres	ROL / Código CVLAC / e-mail	
Beatriz echeverria	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	21.013.748
	e-mail	Echeverriabcc92@gmail.com
	e-mail	
Rondón, Enylus	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input checked="" type="checkbox"/> JU <input type="checkbox"/>
	CVLAC	10.942.250
	e-mail	enilus510@gmail.com
	e-mail	
Richard Arias	ROL	CA <input type="checkbox"/> AS <input type="checkbox"/> TU <input type="checkbox"/> JU <input checked="" type="checkbox"/>
	CVLAC	7.734.448
	e-mail	Richardarias63@gmail.com
	e-mail	

Fecha de discusión y aprobación:

Año Mes Día

2023	06	05
------	----	----

Lenguaje Español

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 4/6

Archivo(s):

Nombre de archivo
TDG_RAY_ZAIDA.docx

Caracteres permitidos en los nombres de los archivos: A B C D E F G H I J K L M N O P
Q R S T U V W X Y Z a b c d e f g h i j k l m n o p q r s t u v w x y z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ - .

Alcance:

Espacial: Unidad bombas cloacas sector alameda – Ciudad Bolívar
(Opcional)

Temporal:
(Opcional)

Título o Grado asociado con el trabajo: Ingeniero Civil
Nivel Asociado con el Trabajo: Pregrado
Área de Estudio: Ingeniería Civil
Otra(s) Institución(es) que garantiza(n) el Título o grado: Universidad de Oriente



UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONSEJO UNIVERSITARIO
RECTORADO

CUN°0975

Cumaná, 04 AGO 2009

Ciudadano
Prof. JESÚS MARTÍNEZ YÉPEZ
Vicerrector Académico
Universidad de Oriente
Su Despacho

Estimado Profesor Martínez:

Cumplo en notificarle que el Consejo Universitario, en Reunión Ordinaria celebrada en Centro de Convenciones de Cantaura, los días 28 y 29 de julio de 2009, conoció el punto de agenda **"SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICAR TODA LA PRODUCCIÓN INTELECTUAL DE LA UNIVERSIDAD DE ORIENTE EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UDO, SEGÚN VRAC N° 696/2009"**.

Leído el oficio SIBI – 139/2009 de fecha 09-07-2009, suscrita por el Dr. Abul K. Bashirullah, Director de Bibliotecas, este Cuerpo Colegiado decidió, por unanimidad, autorizar la publicación de toda la producción intelectual de la Universidad de Oriente en el Repositorio en cuestión.

UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SISTEMA DE BIBLIOTECA
RECIBIDO POR *Mazley*
FECHA 5/8/09 HORA 5:30

Comunicación que hago a usted a los fines consiguientes.

Cordialmente,

JUAN A. BOLANOS CURVELO
Secretario



C.C: Rectora, Vicerrectora Administrativa, Decanos de los Núcleos, Coordinador General de Administración, Director de Personal, Dirección de Finanzas, Dirección de Presupuesto, Contraloría Interna, Consultoría Jurídica, Director de Bibliotecas, Dirección de Publicaciones, Dirección de Computación, Coordinación de Teleinformática, Coordinación General de Postgrado.

JABC/YGC/maruja

Hoja de Metadatos para Tesis y Trabajos de Ascenso – 6/6

Artículo 41 del REGLAMENTO DE TRABAJO DE PREGRADO (vigente a partir del II Semestre 2009, según comunicación CU-034-2009) : "Los Trabajos de Grado son de la exclusiva propiedad de la Universidad de Oriente, y sólo podrán ser utilizados para otros fines con el consentimiento del Consejo de Núcleo respectivo, quien deberá participarlo previamente al Consejo Universitario, para su autorización."

AUTOR 1

TUTOR