



**Análisis de los Impactos socioambientales producto del funcionamiento de la PTAR
salitre.**

Luis Angel Porras Vera

Código:11231717720

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Ambiental

Facultad de Ingeniería Ambiental

Bogotá D.C, Colombia

2022

**Análisis de los Impactos socioambientales producto del funcionamiento de la
PTAR salitre.**

Luis Angel Porras Vera

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Ingeniero Ambiental

Director (a):

Ing. Esp. Marcos Andrés Ramos Castañeda)

Línea de investigación Gestión Ambiental.

Universidad Antonio Nariño

Programa Ingeniería Ambiental

Facultad de Ingeniería Ambiental

Bogotá D.C, Colombia

2022

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

_____.

Cumple con los requisitos para optar

Al título de _____.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Bogotá, 07 01 2023.

Contenido

	Pág.
1. Resumen	1
2. Abstract	3
3. Introducción	5
4. Objetivos.....	7
5. Justificación.....	8
6. Marco Teorico	9
6.1. ¿Qué es una PTAR?.....	9
6.1.1. Tipos de tratamiento para PTAR.....	10
6.1.2. Tecnologías que usan las PTAR en las etapas de tratamiento.....	12
6.1.3. Impactos asociados a una PTAR.....	14
6.1.3.1 Parámetro Ambiental.....	14
6.1.3.2 Parámetro Social.....	16
7. Estado del Arte	17
7.1. ¿Cómo surgen las primeras PTAR?.....	17
7.2. Estado de las PTAR a nivel mundial y Nacional.....	18
7.3. PTAR El Salitre.....	21
8. Metodología.	26
9. Resultados.....	28
9.1. Diagnostico.....	28
9.1.1. Descripción sobre el área de estudio.....	28

9.1.2. Estructura Ecológica.....	30
9.1.3. Servicios públicos.....	31
9.1.4. Energía Eléctrica.....	32
9.1.5. Movilidad.....	32
9.2. Identificación de los impactos asociados a la PTAR el salitre.....	33
9.2.1. Impactos al medio ambiente.....	33
9.2.1.1. Impactos sobre el agua.....	33
9.2.1.2. Impactos sobre el suelo.....	34
9.2.1.3. Impactos sobre el aire.....	35
9.3. Identificación de los impactos principales hechos por la PTAR salitre.....	36
9.3.1. Área directa para la PTAR salitre.....	36
9.3.2. Impactos obtenidos por reportes oficiales.....	38
9.4. Impactos determinados por la contraloría.....	52
10. Alternativas para mitigación.....	54
10.1. Propuestas.....	54
10.2. Inversión.....	57
11. Conclusiones.....	58
12. Recomendaciones.....	60
Referencias Bibliográficas.....	63

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1 Plano de una PTAR Fuente: (CAR,2022).....	10
Figura 2 Proceso de Tratamiento de la PTAR el salitre. Fuente: (EAB,2022).....	12
Figura 3 Resultados sobre contaminantes y vectores generados por una PTAR durante el periodo por emisiones de un año por los materiales de construcción. Fuente: Pham Et al ,2021.	19
Figura 4 Simulación controlada de Dispersión de olores en la PTAR de Temuco antes y después del control de lodos residuales al campo abierto medidas en (OUe/m3). Fuente:MMA,2017.	20
Figura 5 Población identificada por la CAR que actúa como actores directos. Fuente de: Plan de gestión social de la PTAR salitre ,2017.	23
Figura 6 Línea del tiempo de acciones realizadas por la PTAR salitre, parte 1.	24
Figura 7 sobreposición de planos sobre Google maps Fuente: Espectador-Humedales Bogotá, ,2014.	24
Figura 8 Línea del tiempo de acciones realizadas por la PTAR salitre, parte 2.	25
Figura 9 Localización de UPZ 71 en la localidad de Suba. Fuente: Alcaldía de bogota,2015.....	29
Figura 10 Localización de zonas de la estructura ambiental de la UPZ 71 de Tibabuyes. Fuente: CAR,2021.	30
Figura 11 Distancia de PTAR salitre hacia la UPZ 71 de Tibabuyes. fuente: Propia	37
Figura 12 puntos de liberación y entrada de efluentes para la PTAR salitre.	37
Figura 13 Barreras ambientales presentes en la PTAR salitre. Fuente: EAB,2021.	38
Figura 14 Consumo de agua potable mensual en la Fase II de la PTAR salitre en funcionamiento. Fuente (EAB,2022).	39
Figura 15 Ruta predeterminada para movilizar los biosólidos (CAR,2021).	40
Figura 16 Estudio de ruido realizado por la firma ICG en abril del 2022 fuente: (EAB,2022).	41
Figura 17 Concentración de efluente y afluente de la PTAR salitre en septiembre de 2022. Fuente: EAB,2022.	42
Figura 18 Grafica de SST presentes en la concentración diaria en el mes de septiembre de 2022. Fuente: EAB,2022.	43
Figura 19 Grafica de DBO presentes en la concentración diaria en el mes de septiembre de 2022. Fuente: EAB,2022.	43
Figura 20 Resultados de monitoreo de emisiones del mes de junio de 2022. Fuente: EAB,2022.....	44
Figura 21 Esquema General de Biofiltro Biológico fuente: (labaqua,2020).	55

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1 Tabla sobre fuentes indexadas usadas con Filtros usados.	27
Tabla 2 Los impactos sociales encontrados por la ampliación y trabajo sobre la PTAR salitre etapa II (CAR, 2017).	45
Tabla 3 Los impactos ambientales determinados para la PTAR.	46
Tabla 4 Matriz de Identificación de aspectos y valorización Conesa.	48
Tabla 5 Presupuestos en base a los precios de los equipos de labaque.	57

1. Resumen

Las plantas de tratamiento de agua residual (PTAR) son edificaciones necesarias para la sostenibilidad ambiental que son la alternativa a la recuperación de cuerpos hídricos que posee un territorio y beneficia a la salud humana, se debe tener en cuenta que estas plantas también pueden generar impactos positivos y negativos sobre los aspectos ambientales y sociales.

Por este motivo este trabajo tiene como objetivo de analizar los impactos del funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Agua, con el fin de identificar los impactos presentes posteriormente a la expansión de segunda etapa para la PTAR salitre y generar propuestas frente a los factores ambientales y sociales principales que no soportan una mitigación adecuada a lo hecho por la planta en los años recientes.

Con el objetivo de recopilar la información, se realizó una contextualización de la información previa para alimentar el marco teórico sobre los impactos ya determinados previamente por las instituciones encargadas y artículos previamente enfocados en el tema, el resultado obtenido fue que la PTAR el salitre previamente a la revisión de la contraloría y antes de la expansión de la etapa II no cumplía con los parámetros mínimos para realizar un saneamiento que cumpliera la normativa y al planeación establecida.

Pero aun cuenta con la necesidad en el sistema de manejo de olores eficiente sobre la localidad y un control optimo sobre los efluentes de conexiones erradas y otros problemas previos sobre el rio Bogotá dentro de las zonas aledañas al mismo, por lo que es necesario un plan para disminuir este tipo de impactos para aumentar la eficiencia de operación y disminuir los factores que influyen negativamente en el entorno.

Palabras clave: Impactos, planta de tratamiento de aguas residuales, Sostenibilidad ambiental,

Rio Bogotá.

2. Abstract

Wastewater treatment plants (WWTP) are necessary buildings for environmental sustainability that are the alternative to the recovery of water bodies that a territory possesses and benefits human health, it must be taken into account that these plants can also generate impacts positive and negative on environmental and social aspects.

For this reason, this work aims to analyze the impacts of the operation of the Water Treatment Plant, in order to identify the impacts present after the second stage expansion for the saltpeter WWTP and generate proposals against environmental and social factors. main ones that do not support an adequate mitigation to what has been done by the plant in recent years.

With the objective of compiling the information, a contextualization of the previous information was carried out to feed the theoretical framework on the impacts already determined previously by the institutions in charge and articles previously focused on the subject, the result obtained was that the WWTP the saltpeter prior to the review of the comptroller and before the expansion of stage II did not meet the minimum parameters to carry out a sanitation that complied with the regulations and the established planning.

But it still has the need for an efficient odor management system in the locality and optimal control over effluents from wrong connections and other previous problems on the Bogotá river within the areas surrounding it, for which a plan is necessary. to reduce this type of impact to increase operating efficiency and reduce factors that negatively influence the environment.

Keywords: Impacts, wastewater treatment plant, environmental sustainability, Rio Bogotá.

3.Introducción

Con el avance de las ciudades y el consumo acelerado de los recursos naturales, el agua en la historia ha sido la materia prima más usada para cualquier tipo de acción, tanto de supervivencia como económica en función para la humanidad. donde estas actividades diarias han generado una gran cantidad de contaminantes sobre los cuerpos de agua en altas cantidades que perjudican los recursos naturales disponibles en la zona que permiten tener una calidad de vida aceptable para la población.

Debido a esta problemática surge la necesidad de las entidades ambientales la creación de sistemas como las plantas de tratamiento de agua residual alrededor del mundo como un requisito fundamental para el desarrollo económico del país. Siendo una técnica común usar este tipo de plantas en los países desarrollados como estados unidos y en vía de desarrollo como Brasil, conforme a esto Colombia se ha comprometido en la construcción de PTAR para conservar el buen estado de sus cuerpos de agua.

Con la implementación de el plan de saneamiento del rio Bogotá y la generación de efluentes contaminantes procedentes de la ciudad de Bogotá se construyó el megaproyecto de la PTAR el salitre. donde este proyecto en su funcionamiento trajo impactos positivos como negativos. donde estos impactos fueron identificados por medio de los informes ya existentes y comparados con las acciones realizadas para mitigarlos con el objetivo de garantizar una calidad de agua aceptable para los efluentes que ingresan al rio Bogotá.

En esta monografía se presenta los antecedentes, acciones e impactos que realiza una Planta de tratamiento de aguas residuales como estructura aplicados sobre la PTAR del salitre en Bogotá como el área de estudio principal, posteriormente a la formulación y planteamiento del problema,

se reconocen los beneficios y problemáticas con sus impactos que trajo dicha área de estudio con sus resultados en base al estado del arte que busco contextualizar la implementación y las deficiencias que se deben mejorar en estos sistemas.

4.Objetivos

Objetivo-General.

Analizar los impactos del funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Agua Residual El Salitre en la UPZ 71 como base para la formulación de una estrategia de mitigación.

Objetivos-Específicos.

- Diagnosticar el estado de la Upz 71 frente al funcionamiento de la PTAR El Salitre
- Identificar los impactos (Socioambientales) en el área de estudio de acuerdo a las actividades desarrolladas en la PTAR el salitre.
- Formular una estrategia de amortiguamiento frente a los impactos identificados.

5. Justificación

La presente monografía nace a partir de la necesidad de estudiar los impactos asociados a el funcionamiento la PTAR el salitre frente a las poblaciones aledañas, con el fin de expandir la información acerca de los beneficios e impactos que traen estos mega proyectos como lo es la PTAR el salitre. ubicada en Av. Calle 80 # 121-98 entre el Río Bogotá y la vía Lisboa sobre Suba Kilómetro 1.5, frente a el compromiso y el objetivo propuesto por las entidades encargadas de administrar y ejecutar la planta de tratamiento.

Por lo que a través de esta presente recopilación de datos se busca facilitar la identificación de los impactos ejercidos por una PTAR y como estos pueden encontrarse dentro del campo de la funcional PTAR salitre, además de proponer soluciones alternativas para los impactos negativos identificados de mayor prioridad.

Además, se busca identificar el progreso hecho por la PTAR salitre frente a la retroalimentación sobre las acciones ejercidas con el objetivo de mitigar los impactos previos identificados por entidades de control, con el fin de visualizar la funcionalidad de dichos tipos de mitigación para mejorar la calidad sobre los efluentes que entran a los cuerpos de agua, la calidad de vida de los residentes cercanos y la estructura ecológica que ofrece la PTAR el salitre dentro de sus funciones.

6. Marco Teorico

6.1. ¿Qué es una PTAR?

Una PTAR o planta de Tratamiento de Aguas residuales es una infraestructura con la funcionalidad de asegurar la sostenibilidad local, regional y nacional de los recursos hídricos en la zona donde está establecida, con el objetivo de tratar los efluentes contaminados procedentes de actividades urbanas e industriales para entregar al medio un efluente con características optimas física, química y bacteriológica para el medio ambiente. (Pham et al., 2018).

En el tratamiento de esta planta para aguas residuales se espera remover principalmente los residuos sólidos sedimentables, con esta acción se espera obtener dos recursos de salida como lo es agua tratada de color homogénea y un residuo como lo es los lodos, estas plantas cuentan con un tiempo de vida útil aproximado de 20 a 40 años para sus piezas en contacto con las aguas residuales. (morelos,2011).

Estas plantas con su presencia traen beneficios sobre los cuerpos de agua al evitar el agotamiento de oxígeno con origen de la contaminación, permitir el reusó de agua residual en zonas áridas donde el estrés hídrico es alto, disminuye la carga de contaminación orgánica sobre los ríos facilitando la preservación de los lugares ecológicos y ayuda a recuperar zonas previamente contaminadas y abandonadas. (morelos,2011).



Figura 1 Plano de una PTAR Fuente: [\(CAR,2022\)](#).

6.1.1. Tipos de tratamiento para PTAR.

En las etapas de tratamiento de aguas residuales existente tres tipos de tratamiento dentro de la eliminación de contaminantes, las cuales son físicas, químicas y biológicas las cuales tiene variaciones dentro de las metodologías usadas en las PTAR que son:

Tratamiento Primario: este tipo de tratamiento se enfoca en la reducción y eliminación de la carga orgánica de las aguas donde participan métodos físicos como las cribas o rejillas, con el objetivo de remover los sólidos gruesos sedimentables y flotables para posteriormente pasar por los sedimentadores encargados de remover parte de las partículas en suspensión usando la gravedad. (Vargas,2021)

Tratamiento Secundario: este tipo de tratamiento se enfoca en digerir y transformar la materia orgánica por medios bacterianos con ayuda de reactores biológicos de tipo aeróbico o

anaeróbico. donde previamente se usan métodos para disminuir esta carga orgánica como los filtros biológicos para remover solidos disueltos y se adhieran a este filtro o Discos contractores para estimular el crecimiento de microorganismos que degradan la materia orgánica disuelta. (Vargas,2021)

Tratamiento Terciario: este tipo de tratamiento se implica en el tratamiento de la disminución de contaminantes que pueden generar eutrofización sobre el agua como lo son el fosforo y el nitrógeno, este tipo de tratamiento es permitido de ser omitido si el agua tratada es para el uso de limpieza industrial pero en caso de ser para liberar en cuerpos receptores es obligatorio, donde se usan sedimentadores primarios y secundarios que generan lodos de desecho con concentraciones altas de estos contaminantes. (Vargas,2021).

Tratamiento avanzado: este tratamiento opcional existe para mejorar aún más la calidad en los efluentes del agua removiendo otros contaminantes que no pudieron ser removidos frente a los procesos anteriores como lo son las trazas de metales y sustancias orgánicas no digeribles para los microorganismos. (Vargas,2021).

- los separadores por gravedad (unidades para sedimentación, separadores de agua y aceite, separadores con flujo cruzado, transportador de tornillo para arenas, sistemas de separación con contra corriente e Hidrociclones). (Spena Group, 2022)
- Sistemas de Flotación (por aire por IAF y DAF, gas inducido por DFG y IGF), (Spena Group, 2022)
- Sistemas para coagulación y floculación (floculadores tubulares, Tanques de reacción, método de electrocoagulación, dosificación y preparadores químicos). (Spena Group, 2022)

Tratamiento secundario: Enfocado en el procesamiento biológico cumple con varias tecnologías para realizar la separación de estos contaminantes orgánicos disueltos separándose en:

- Biorreactores Aeróbicos (Reactor Biológico secuencial (SBR), Reactor Continuo, Reactores de membrana (MBR), Lecho móvil (MBBR), Biorreactor de Nitrógeno, sistema de sedimentación y flotador de lodos activados). (Spena Group, 2022)
- Biorreactores Anaeróbicos (Reactor de flujo ascendente de alta eficiencia (UASB) y Reactor anaeróbico extendido (EASB)). (Spena Group, 2022)
- Sistemas de filtración (sedimentadores tubulares, sistemas dispensadores de aguas residuales y filtros percoladores). (Spena Group, 2022)

Tratamiento Terciario y avanzados: como sistemas de pulimiento para los parámetros bajo la potabilización de agua y entrada de efluentes al medio se usan las siguientes tecnologías.

- Tratamientos terciarios enfocados en reciclaje (Filtros de arena, Filtros de carbón activado con y sin aire, Desinfección, y sistemas con membranas). (Spena Group, 2022)

- Eliminación de contaminantes fijos (Osmosis inversa, ozonización, electrodiálisis, precipitación con cal, microfiltración, ultrafiltración y nanofiltración). (Vargas, 2021)
- Sistemas de recuperación de compuestos valiosos (trampa de grasas, trampas en reactores para obtener proteínas y almidones e transporte de lodos altos en nitrógeno y fosforo). (Spena Group, 2022)
- Manejo de Lodos (Filtro de tambor, prensa tornillo y Decantadora centrífuga). (Spena Group, 2022).

6.1.3. Impactos asociados a una PTAR.

Con el tratamiento sobre las aguas residuales se contribuye a la manipulación y movimiento de un producto alto en contaminantes que se han convertido en una problemática para la sociedad y el entorno, por lo que estos contaminantes pasan a estar en otro componente del medio al ser retirados de las aguas residuales lo que trae un grupo de nuevos impactos sobre el medio algunos más mitigables que otros siendo afectados los siguientes componentes:

6.1.3.1 Parámetro Ambiental.

La Energía Usada para los Procesos en la planta, la cual es medida como “Energía usada por la unidad de volumen de agua residual tratada o habitante. Esta es medida como kWh/m³”(Cossio Et.al, 2020).

La Generación de Gases de Efecto Invernadero producidos por la recuperación de aguas residuales y en la utilización de energía, estas actividades dejan productos como el Metano (CH₄) – 45 a 55%, Dióxido de Carbono (CO₂) 40 – 50%, Nitrógeno Atmosférico (N₂), Ácido

Sulfhídrico (SH_2) y agua es 1.5 a 2%. Estos gases pueden ser medidos con Kg (gas)*eq/m^3 . (EAB,2017).

La Generación de ruido y vibraciones provenientes por cualquier actividad ejercida tanto en construcción y operación por la planta de tratamiento de aguas residuales , medidos en la unidad de dB dentro de los Niveles de presión sonora continuos y Ruidos residuales (Min .Ambiente,2006).

La Generación de Lodos provenientes de Remoción de contaminantes de las aguas residuales con origen en los valores de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), TSS (Solidos Suspendidos totales), TP (Fosforo Total) ,TN (Nitrógeno Total) Y FC (Coliformes Fecales), estos valores son medidos en % en concentración del agua residual, estos valores pueden determinar la complejidad de las aguas para poder tratarla de sus contaminantes. (Cossio Et.al., 2020).

Expansión de Área Terrestre genera impactos de construcción para la planta de tratamiento de aguas residuales y cambios morfológicos en los suelos este es medido en $\text{m}^2/\text{persona}$. (Cossio Et.al., 2020).

La calidad de Efluentes vertidos y Lodos en nivel fisicoquímica y bacteriológica son impactos principales que pueden influenciar en los componentes del suelo y del agua al que entran este se mide para efluentes en mg/L y para lodos en Kg/año . (Cossio Et al., 2020).

Recuperación de los Efluentes para uso comercial y limpieza considerando que estos efluentes no son no aptos para el consumo humano y otro subproducto recuperado es los lodos residuales para el uso de nutrientes en la recuperación del suelo o su incineración con el objetivo

para generar energía. estos recursos se miden en L/año para efluentes y mg/año para lodos (Cossio Et al., 2020).

Modificación a infraestructura paisajística junto a la fauna y flora existente los cuales hacen referencia a las especies que se puedan ver afectadas por las actividades y acciones presentes frente a la planta de tratamiento de aguas residuales, esta se mide en cantidad de especies/año. (Bermúdez, 2017)

6.1.3.2 Parámetro Social.

La aceptación social es un impacto clave para el funcionamiento de las Plantas de tratamiento de aguas junto a la capacidad de impulsar el empleo, donde esta traer problemas y beneficios en el funcionamiento entre comunidades y el operador; lo que lleva a interferencias económicas y operativas. (Cossio Et al., 2020).

La Estética juega una característica clave en la aceptación de la sociedad debido a que Nivel medido de molestias derivadas puede afectar la opinión de sostenibilidad frente a la comodidad del diario vivir , siendo el ejemplo más común la generación de olores para las poblaciones aledañas y las zonas donde la dirección del viento arrastra estos, ruidos en medio de operación de la misma, impacto visual por la acumulación de basuras que puede mostrar en su operación , insectos por acumulación de aguas y otras plagas.(Cossio Et al., 2020).

7.Estado del Arte

7.1. ¿Cómo surgen las primeras PTAR?

La manipulación de las aguas residuales tiene un origen reciente debido a las consecuencias de salud pública que han comenzado a traer desde el acercamiento a estas que había disminuido la invención de los acueductos desde el siglo XV y el retrete en el siglo XIX, pero los desechos sólidos no podían ser dispuestos en estos medios lo que no dio soluciones a la evacuación sobre las corrientes de agua. (Bahena, 2021)

Con el aumento de la población se hicieron más visibles la presencia de estos materiales desagradables orgánicos sobre los cuerpos de agua. debido a esta problemática los cuerpos de agua no eran capaces de depurar una carga contaminante tan alta, poniendo en riesgo el sobrevivir de las comunidades dependientes de estos cuerpos de agua, lo que llevo al desarrollo de tecnologías para depurar el agua frente a la necesidad de los fracasos presentados en los acueductos con la presencia del colera en el agua potable. (Bahena, 2021)

Alrededor de los años 1842 se impulsó a un acueducto de aguas negras con sistemas de limpieza en base al agua del mar para disminuir esta carga contaminante en Hamburgo, hasta 1914 con el descubrimiento de los fangos activos por los ingenieros Edward Arden y William T. Lockett dando la base necesaria para el funcionamiento de los reactores biológicos actuales. (Bahena, 2021)

Con el avance de la edad industrial se añadieron más contaminantes provenientes de la nueva actividad industrial trayendo contaminantes químicos además de la biológica aumentando la complejidad de los tratamientos de agua, impulsando la preocupación sobre

las reservas de agua con la creación de convenios internacionales desde 1950, como lo es el convenio de la biosfera en 1968 para acuñar el concepto de desarrollo sostenible. (Bahena, 2021)

7.2. Estado de las PTAR a nivel mundial y Nacional.

Con el objetivo de garantizar la potabilidad del agua frente al objetivo de desarrollo sostenible 6 y los derechos humanos, el tratamiento de agua se ha convertido un requerimiento frente a la demanda del agua potable disponible donde actualmente muchos países desarrollados que son los que más consumen agua potable principalmente el continente europeo se han mantenido reacios a soportar toda la carga de las responsabilidades climática (ONU, 2020).

Actualmente los países desarrollados tienen una facilidad mayor para tratar las aguas potables tratando el 70% de sus aguas usadas, posteriormente seguirían los países que pueden costear sus necesidades efectivamente con el 38% de tratamiento de sus aguas residuales y los países pobres solo tratan el 8% de aguas residuales generadas, donde la región de Asia meridional y oriental tienen un gran estrés hídrico frente a la necesidad de agua potable y requieren medidas de saneamiento más extremas.

Con la necesidad de mejorar las tecnologías frente a la responsabilidad del estrés hídrico se destinaron medidas como:

1. En los Estados Unidos se implementó un proyecto impulsado por la legislación nacional con el objetivo de investigar propuestas prácticas para diseñar pequeñas PTAR que ayuden a reducir los materiales de construcción producto del exceso de ingeniería e impactos

ambientales medidas con el método llamado TRACI, siendo el área de estudio en (Nebraska, Kansas, Iowa, Montana). (Pham Et al ,2021)

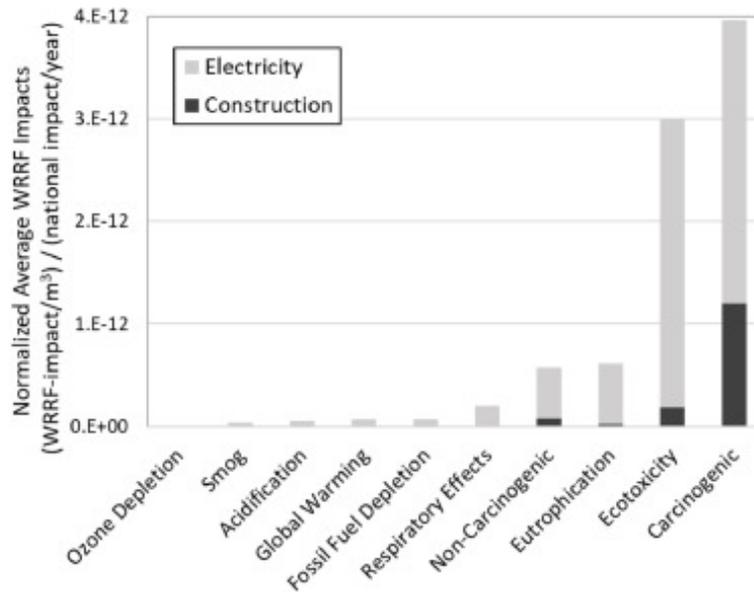


Figura 3 Resultados sobre contaminantes y vectores generados por una PTAR durante el periodo por emisiones de un año por los materiales de construcción. Fuente: Pham Et al ,2021.

2.En Chile sobre la PTAR de Temuco donde por una orden legislativa de origen del año 2018, la cual reglamentaría la generación de olores por aparición de olfatometría molesta para la industria y plantas de tratamiento de aguas residuales donde los compuestos emitidos al aire eran unos componentes peligrosos para el medio ambiente y la salud de la población, como CV o compuestos volátiles tipo (sulfuros, mercaptanos, amonio, aminos) y COV o compuestos orgánicos volátiles (ésteres, ácidos, cetonas, etc.). (MMA,2017).

lo que llevo a la modificación del transporte, estabilización y almacenamiento de lodos son las principales fuentes de emisión de olores por parte de la PTAR de Tumaco para reducir considerablemente el área de afectada por la presencia de malos olores. (MMA,2017).

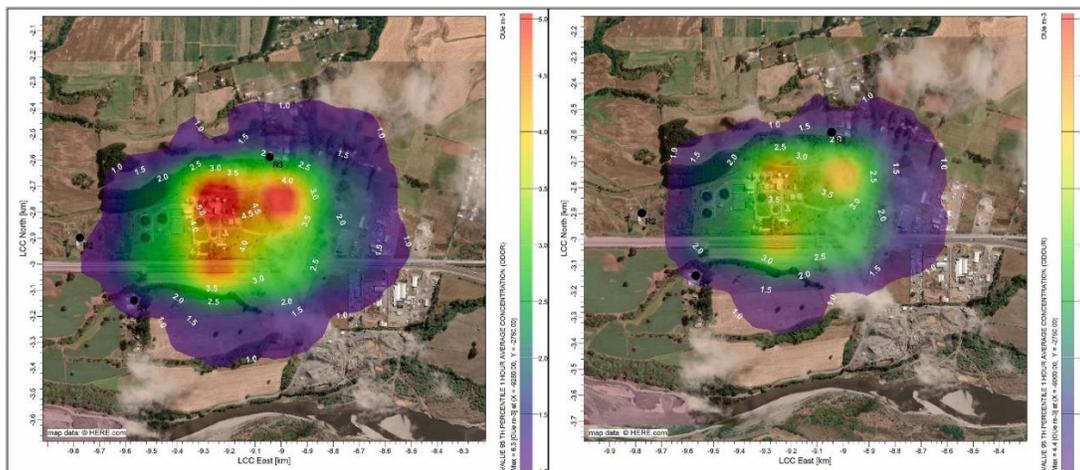


Figura 4 Simulación controlada de Dispersión de olores en la PTAR de Temuco antes y después del control de lodos residuales al campo abierto medidas en (OUe/m³). Fuente:MMA,2017.

Las PTAR en Colombia han tenido un progreso lento frente a la instauración de plantas de tratamiento en sus ciudades a diferencia de los países desarrollados y sus vecinos colindantes como Brasil, México y Uruguay (ONU, 2020). actualmente Colombia cuenta con 562 sistemas instalados que filtran las aguas concentradas en los departamentos de Cundinamarca, Bogotá, Boyacá, Antioquia, cauca y Tolima.(acuatecnica, 2021) donde principalmente se observan tecnologías como sistemas lagunas de estabilización y sistemas de aireación extendida, poseyendo solo algunas plantas de tratamiento biológico de gran caudal como:

- Salitre y Canoas en Bogotá (Realizar saneamiento del rio Bogotá y las aguas de residuales de la ciudad). (EAB, 2020)
- Cañaravelajo, rio y sur en Cali (Realizar saneamiento de las aguas de residuales de la ciudad en zonas noroccidental y sur). (Lizcano Et al., 2013).
- San Fernando en Itagüí y Bello en el Norte del Valle de Aburrá (realizan saneamiento al rio aburra en Medellín y el agua residual del valle). (EPM, 2020).

7.3. PTAR El Salitre.

La PTAR salitre tiene como objetivo el saneamiento sobre el río Bogotá y las aguas residuales de Bogotá para promover la sostenibilidad frente a la disponibilidad del recurso hídrico y su uso eficiente con la racionalidad económica del agua. (EAB, 2021).

Originalmente la PTAR salitre fue construida en el año 2000 teniendo varios cambios hasta el día de hoy con una capacidad media de tratamiento de 7 m³/s y remoción de 60% de SST y 40% de DBO con su expansión de etapa II entregada el 27 de septiembre de 2021, donde esta infraestructura cuenta con un programa que administra su funcionamiento el cual fue expedido por un documento Conpes 3320 expedido en el año 2004.

Además, el documento Conpes 3320 tiene el objetivo identificar el estado del río Bogotá en frente a la contaminación es originada dentro del crecimiento de la población sobre la sabana de Bogotá, donde la calidad del agua es principalmente afectada por contaminación orgánica y bacteriológica procedente de fuentes domésticas y de riegos de curtiembres confirmándose como un riesgo para la salud pública, agregando el documento informa sobre el uso del suelo que paso desde una destinación agrícola hacia un núcleo urbano creado para fines residenciales con una tasa alta de crecimiento demográfico en inicios de los 2000.

Previamente la contaminación del río Bogotá cuando la PTAR salitre no estaba presente trajo impactos a la ciudad como el aumento de la morbilidad por ingerir agua, afectación a los costos de producción sobre las actividades económicas dependientes del agua que brinda río y sobre los usos junto a el valor del suelo y sobre los cuerpos de agua que sufren una desvalorización. ([Departamento Nacional de Planeación, 2004](#)).

Con el avance de la planta por parte del POMCA elaborado por la CAR se dividió en 3 etapas su mejora hacia el tratamiento de aguas residuales y sobre el río Bogotá en la ciudad donde:

La etapa I: Se enfocó en la elaboración y ejecución sobre el plan de ordenamiento y manejo de la cuenca del río Bogotá, una manipulación sobre el embalse el muña donde llegaban aguas del río Bogotá y la implementación del acueducto que manipula la PTAR el salitre. (CAR,2004).

La etapa II: su objetivo estuvo en la mejora del tratamiento del recurso hídrico implementando una expansión para aumentar su oferta al momento de tratar el agua residual. (CAR,2015).

La etapa III: Donde se desea realizar una operación, optimización y seguimiento a las actividades para retroalimentar el programa de saneamiento del río siendo vigilado por las entidades ambientales para recibir una mejora continua por parte de la PTAR salitre. (CAR,2018).

Posteriormente en el mejoramiento de condiciones en las plantas de tratamiento de agua residual en Colombia se puede evidenciar algunos ejemplos frente a la mejora para reducir los impactos ambientales que estas pueden traer frente a la mejora continua necesaria en estas infraestructuras que son necesarias para las ciudades que producen aguas residuales.

Con la inauguración de la planta a través de los años se realizaron métodos para mejorar la calidad tanto del agua como la reducción de impactos que la PTAR salitre puede generar por lo que genero bastantes alternativas para poder tener una mejora continua con la capacidad de

cuantificar, reducir y compensar los impactos ambientales y sociales para los actores directos en la población aledaña.



Figura 5 Población identificada por la CAR que actúa como actores directos. Fuente de: Plan de gestión social de la PTAR salitre ,2017.

Actualmente la PTAR el salitre continuo con el Programa de Implementación de Prácticas Sostenibles o PIPS donde las acciones realizadas por la PTAR salitre se mostrarán a continuación en la siguiente línea de tiempo:

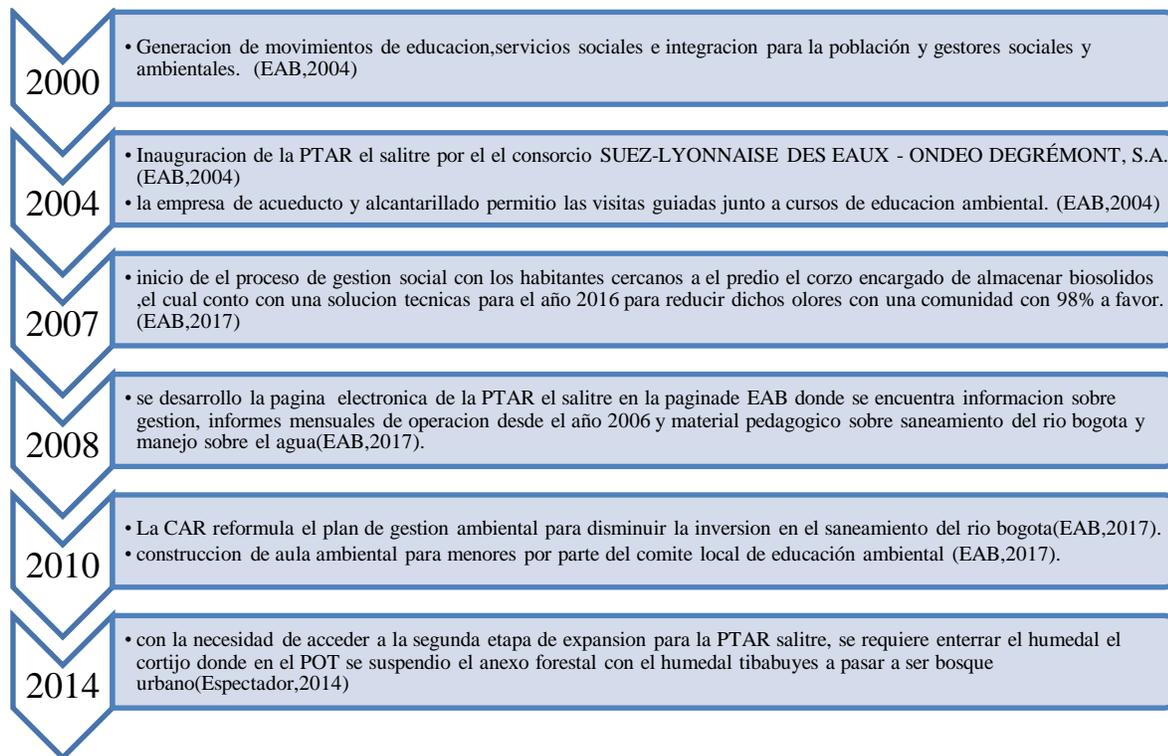


Figura 6 Línea del tiempo de acciones realizadas por la PTAR salitre, parte 1.



Figura 7 sobreposición de planos sobre Google maps Fuente: Espectador-Humedales Bogotá, 2014.

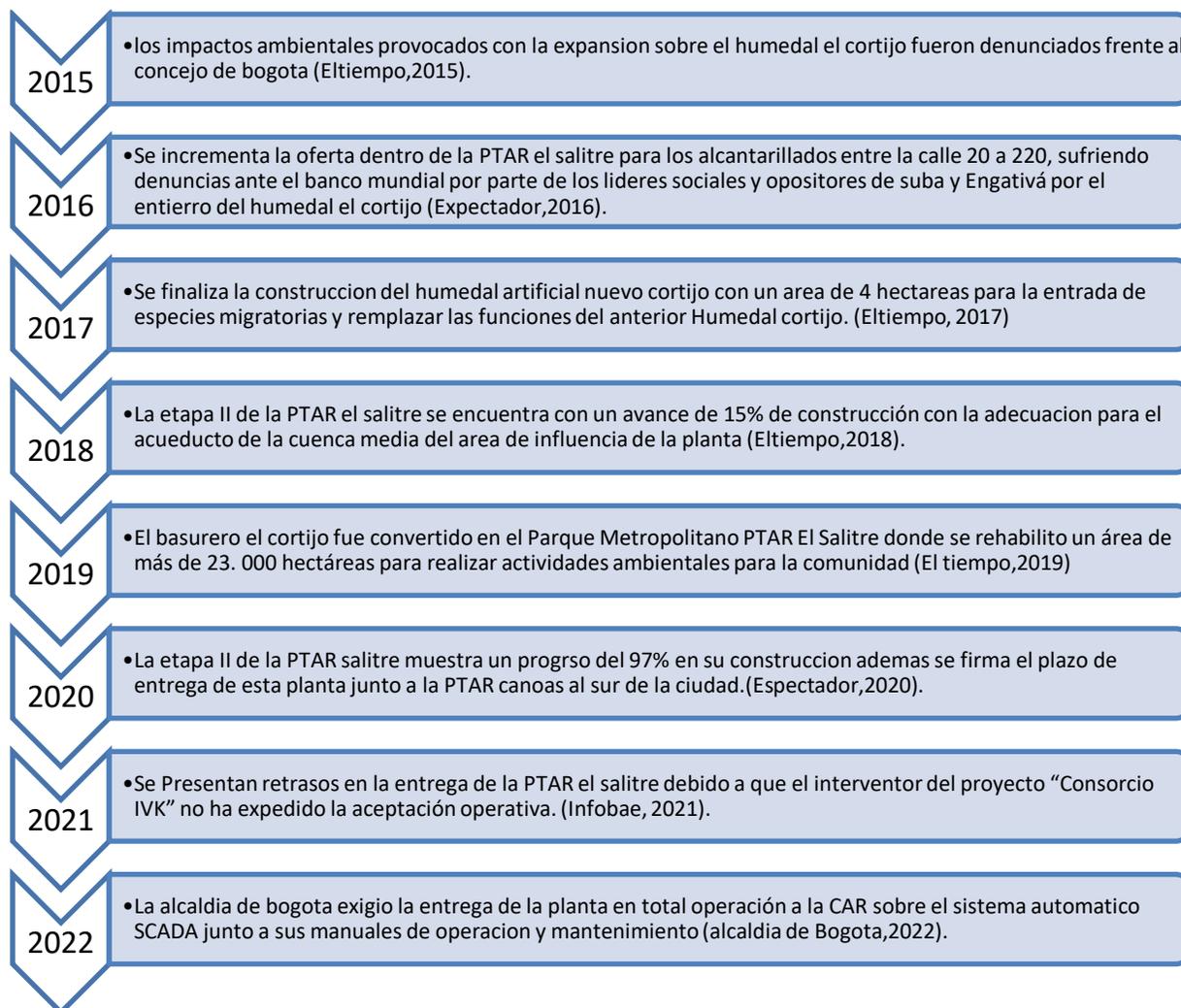
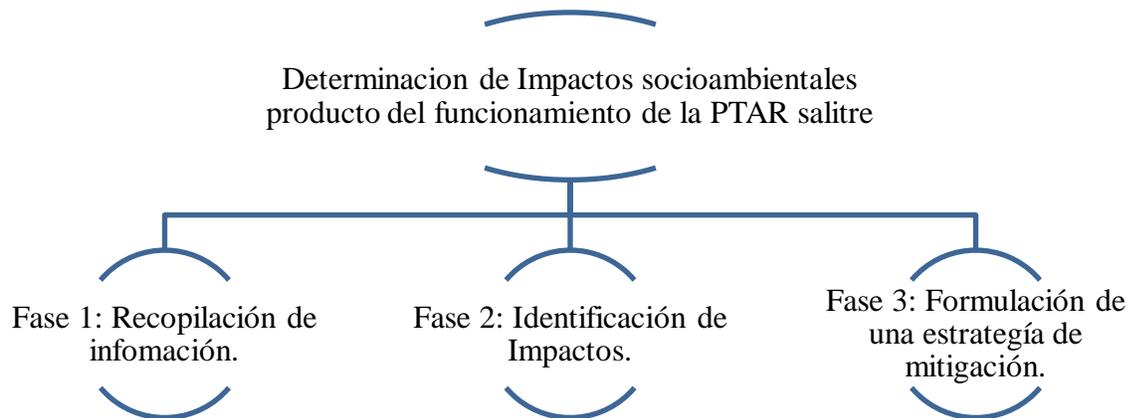


Figura 8 Línea del tiempo de acciones realizadas por la PTAR salitre, parte 2.

8. Metodología.

En base de la siguiente metodología se busca analizar y evaluar documentalmente cuales son los impactos generados por el funcionamiento de una PTAR sobre el área de estudio con las acciones realizadas actualmente.



Fase 1: Realizar la búsqueda y recolección de información en bases de datos indexadas, institucionales y secundarias para obtener literatura sobre las problemáticas a solucionar que dominen el tema de la PTAR salitre y legislación vigente.

Fase 2: identificar en la información recolectada los impactos positivos y negativos frente a la UPZ 71 de la localidad de suba realizados por la PTAR salitre.

Fase 3: proponer posibles alternativas de mitigación para los problemas activos sobre la UPZ 71 presentados en la identificación de impactos.

Con el objetivo de recoger datos para identificar las problemáticas representativas en la PTAR el salitre se recogió la información de forma cualitativa dentro de las fuentes indexadas de scopus, science direct, entidades que controlan la planta de tratamiento como la CAR y el acueducto y de fuentes secundarias para complementar los temas necesarios para justificar la elección de dichos artículos siguientes se tomaron los tipos de impactos socioambientales determinados en el estado del arte con fines de encontrar los impactos desarrollados en la PTAR el salitre.

posteriormente con la filtración de artículos hecha para tener artículos disponibles para el uso de la lectura. se enfocó en retirar la gran mayoría de artículos irrelevantes que solo poseían contenido como palabras clave sin desarrollar en el texto dentro de las fuentes indexadas para poder aplicar a la investigación.

Tabla 1 Tabla sobre fuentes indexadas usadas con Filtros usados.

<i>Tema de Búsqueda</i>	<i>Bases de Datos Utilizadas</i>	<i>Resultados de Búsquedas</i>	<i>Tipo de Filtro</i>	<i>Aplica a la Investigación</i>
waste water plant impacts	Science Direct	220.488	subscribed journals, Environmental Science y keywords	1
	Scopus	10.836	Environmental Science, engineering and keywords	11
	Web on science	16	Ninguno	1
WWTP impacts	Science Direct	17.612	subscribed journals, Environmental	17
WWTP salitre	Science Direct	10	ninguno	3
wwtp colombia	Science Direct	348	keywords	6
wwtp benefit	Science Direct	7.794	subscribed journals, Environmental	29
wwtp weaknesses	Science Direct	634	subscribed journals, Environmental	13
Documentos Sobre la PTAR salitre aportados por el acueducto				5

9. Resultados

9.1. Diagnostico.

9.1.1. Descripción sobre el área de estudio.

Actualmente la UPZ 71 Tibabuyes tiene como objetivo ser usada para fines de uso residencial para estratos 1 y 2, con urbanización sin terminar debido a falencias en infraestructura, accesibilidad vial, equipamiento de servicios y deterioro en el espacio público, cuenta con una expansión territorial de 623 hectáreas donde limita en dirección al norte con el humedal de la Conejera y el municipio de cota, por el sur por el humedal Juan Amarillo y la UPZ 72 de Bolivia, por occidente con el Río Bogotá y el municipio de cota, en dirección por oriente con las UPZ 28 el rincón y UPZ 27 suba (CAR,2017), esta UPZ posee una población actual de 259,983 habitantes para el año 2022 (Departamento de planeación de Bogotá, 2021).

La UPZ de Tibabuyes cuenta con los barrios de Sabana de Tibabuyes, El Cedro, Tibabuyes Universal, La Isabela, Santa Rita, Vereda Suba-Rincón, Los Nogales de Tibabuyes, Atenas, San Carlos de Suba, San Carlos de Tibabuyes, Nueva Tibabuyes, Carolina II y III, La Gaitana, Prados de Santa Bárbara, Rincón de Boyacá, San Pedro de Tibabuyes, Vereda Tibabuyes, Villa de las Flores, Bilbao, Villa Cindy, Santa Cecilia, Compartir, Lisboa, Nuevo Corinto, Cañiza I, II y III, Villa Gloria, Berlín, Fontanar del río, Toscana, Miramar y Verona. (Repositorio CDIM,2003).

El territorio geomorfológico de la UPZ 71 esta principalmente compuesto por la unidad geológica de llanura de inundación o la formación chia, está formada por depósitos jóvenes procedentes del río Tunjuelo, Bogotá y otros efluentes, este tipo de depósitos es principalmente arcilloso y limoso donde estos materiales son de ambientes lacustres y fluviales. (DPAE, 2010).

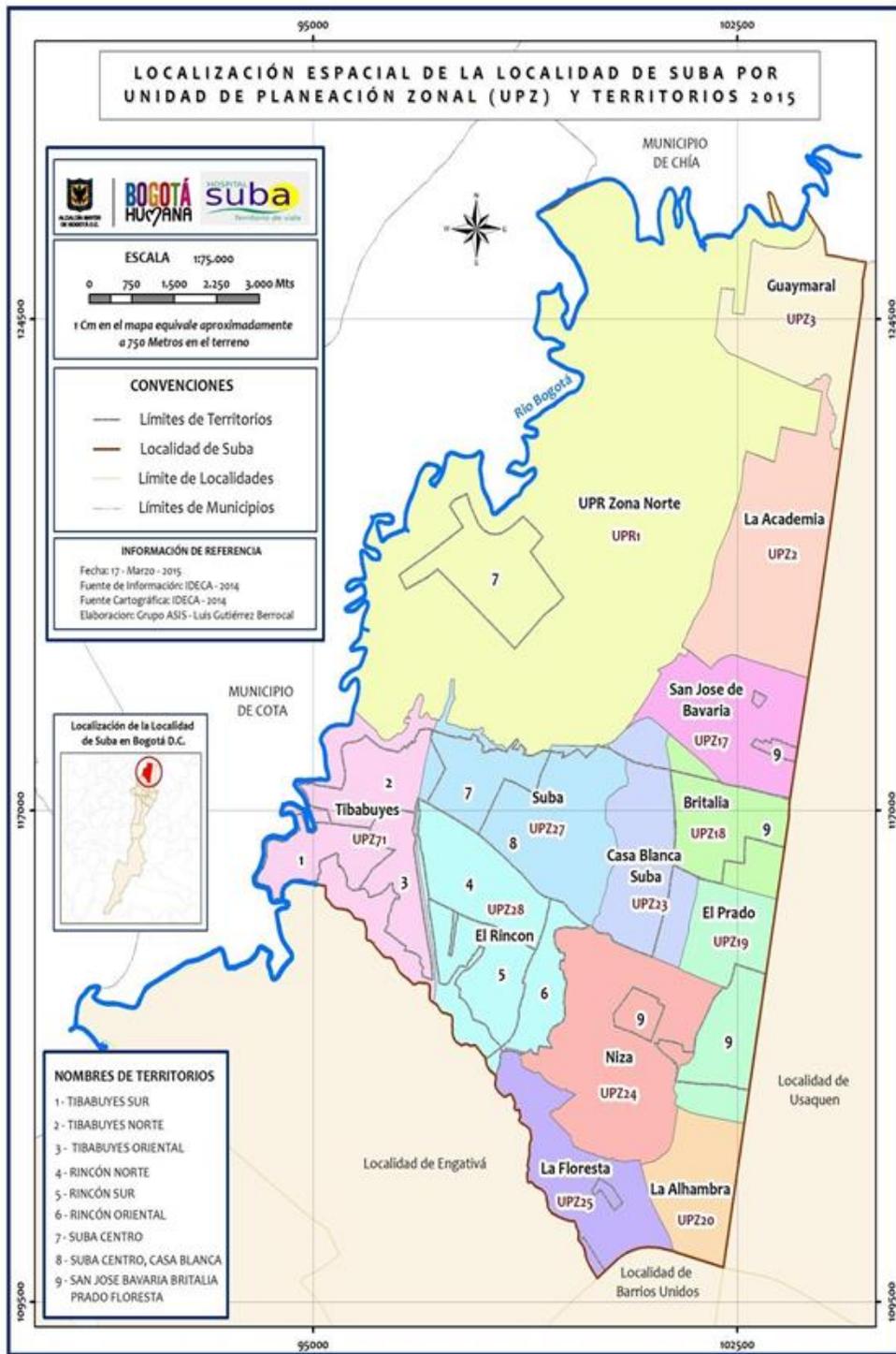


Figura 9 Localización de UPZ 71 en la localidad de Suba. Fuente: Alcaldía de bogota,2015.

9.1.2. Estructura Ecológica.

La estructura ecológica principal se divide entre los siguientes objetos:

- Parques urbanos: Parque metropolitano fontanar del rio, parque zonal la Gaitana, parque vecinal de Tibabuyes y parques de bolsillo. (Alcaldía de Bogotá, 2021).
- Áreas protegidas de orden distrital: Parque ecológico distrital juan amarillo o Tibabuyes, las zonas colindantes sobre el rio Bogotá y el Parque ecológico distrital humedal la conejera, estos parques cuentan con la función de ser preservados y promover la recreación pasiva. (Alcaldía de Bogotá, 2021).

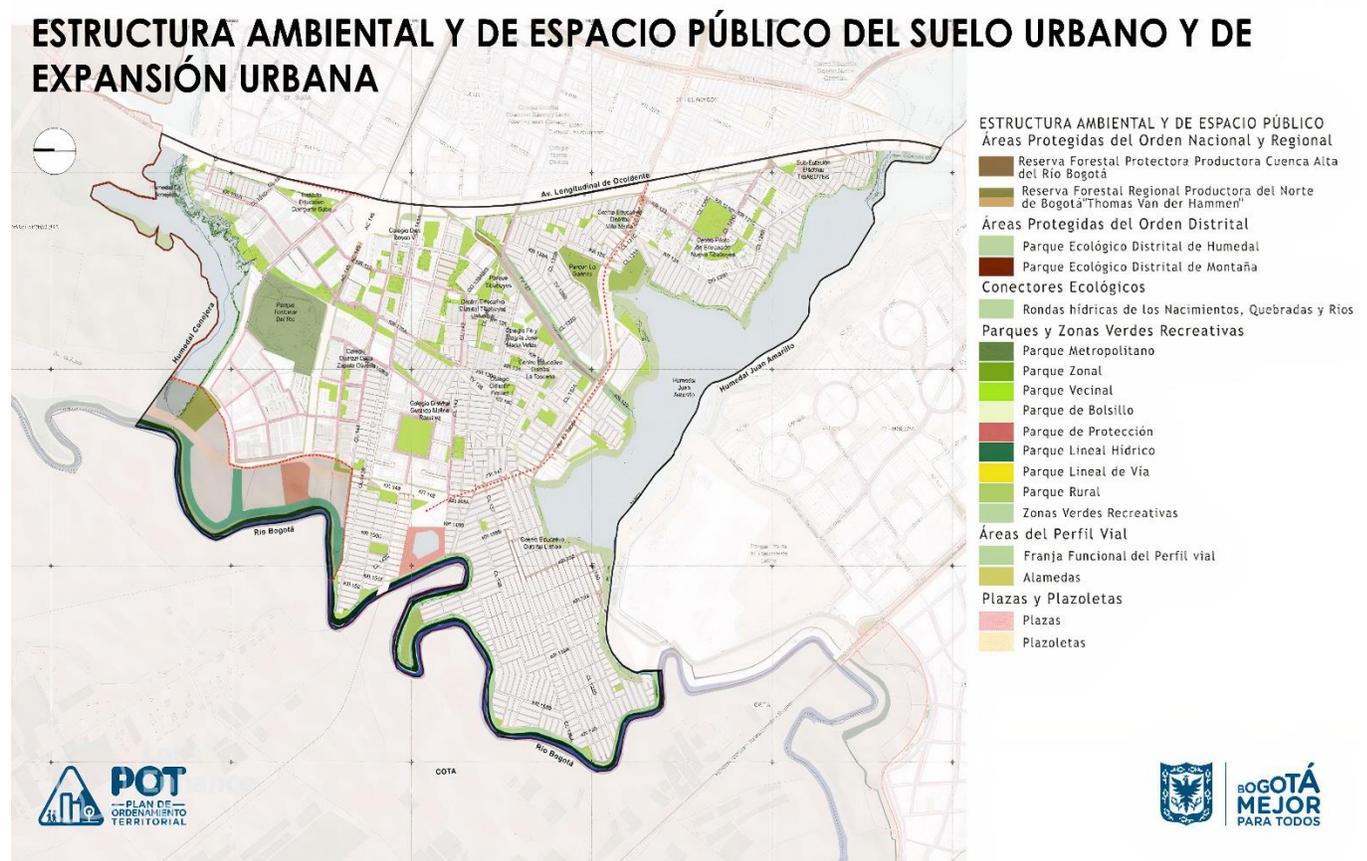


Figura 10 Localización de zonas de la estructura ambiental de la UPZ 71 de Tibabuyes. Fuente: CAR, 2021.

9.1.3. Servicios públicos.

Alcantarillado: La UPZ 71 frente al alcantarillado posee deficiencias cerca de las fronteras del río Bogotá contando con un alcantarillado de tipo provisional la cual es común de visualizar en barrios como villa Cindy y santa Rita. Contando actualmente con mayor cobertura de acueducto y alcantarillado consolidado sobre la UPZ con excepciones de los barrios santa Cecilia, san pedro, Berlín y Tibabuyes occidental. (Alcaldía mayor de Bogotá, 2013).

Actualmente en el funcionamiento de la PTAR el salitre, trabaja en el saneamiento de las aguas residuales ubicadas entre las calle 26 a calle 200 y en los cerros orientales, donde el acueducto que conduce estas aguas cuenta con un sistema pluvial que separa las aguas residuales de las aguas lluvias que son llevadas al humedal Tibabuyes, así disminuyendo la carga contaminante y la cantidad de agua sobre el río Bogotá que afecta a la población aledaña a sufrir inundaciones como es el caso de los barrios de santa Cecilia y Lisboa. (CAR, 2022).

Actualmente las redes sanitarias de la UPZ están en contacto con la PTAR el salitre por medio de estaciones de bombeo como lo son la planta Lisboa la cual se contacta por medio de tuberías aéreas las cuales están en construcción y expansión en los barrios de la UPZ que principalmente en la parte limitante con el río Bogotá. Para las zonas de la UPZ 71 norte y sur existía previamente la planta de Cafam que lleva las aguas residuales a la PTAR de forma subterránea. para el caso del alcantarillado pluvial se usa también tuberías aéreas pero estas aguas se bombearán a la planta de fontanar que las libera sobre los humedales como lo es el Juan Amarillo o Tibabuyes. (Alcaldía mayor de Bogotá, 2013).

9.1.4 Energía Eléctrica

La suministración de energía en al UPZ 71 no posee redes de alta tensión en la distribución energética sobre los barrios, por tanto se usa una subestación en el barrio de nueva Tibabuyes, esta subestación tiene una cobertura total del 100% para las viviendas urbanizadas, con la característica de libre expansión sobre el territorio y posterior mejora sobre la localidad. (Alcaldía mayor de Bogotá, 2013).

9.1.5. Movilidad

La movilidad en la UPZ 71 Tibabuyes tiene falencias frente al mantenimiento y construcción de vías principalmente en las zonas donde aparecieron los pasados barrios informales y algunas vías de continuo uso, poseyendo un porcentaje de cobertura en el último control de 1,58% de Malla Vial Arterial construida y el 1,90% de Malla Vial Local construida. (Bogotá. A. M., UPZ 71 Tibabuyes. Acuerdos Para Construir Ciudad., 2007).

Para permitir el ingreso a al UPZ tiene como principales entradas por la calle 145, calle 132 y la calle 139 por dirección de la avenida ciudad de Cali, otra zona de ingreso se encuentra en la localidad de Engativá por la conexión Lisboa de la calle 80 o avenida Medellín paralela a la PTAR salitre ingresando a el barrio Lisboa.

9.2. Identificación de los impactos asociados a la PTAR el salitre.

Los impactos analizados en la UPZ 71 de Tibabuyes, son los siguientes de acuerdo a la metodología propuesta.

9.2.1. Impactos al medio ambiente.

9.2.1.1 Impactos sobre el agua.

Siendo una consecuencia normalizada frente a las rondas hidráulicas de los cuerpos de agua presentes como los canales de agua, quebradas y humedales, donde existen problemáticas referentes a la inadecuada disposición y arrojo de residuos domésticos junto a escombros, presencia de conexiones erradas que vierten aguas residuales en canales como las ubicadas en el canal Cafam que esta conectado con el humedal Juan Amarillo, presencia de taponamientos por almacenamiento de residuos que provocan inundaciones aumentando la contaminación en los suelos. (Secretaría de Gobierno de Bogotá, 2021).

Se determinaron los siguientes impactos en los cuerpos de agua de la UPZ 71:

- *Rio Bogotá:* actualmente el río aún posee invasiones humanas dentro de sus rondas sin contar los barrios ya previamente legalizados como Santa Cecilia, Fontanar del Río, Berlín, Villa Cindy, Bilbao, Lisboa, entre otros. Aun se tiene problemas con la deposición de residuos sólidos por parte de los barrios aledaños al río siendo evidenciado con la acumulación en los meandros del mismo, lo que ha promovido la construcción de almacenes de reciclaje y asentamientos humanos por parte de los habitantes de calle en los

barrios menos controlados por la administración de la PTAR el salitre. (secretaria de gobierno de Bogotá, 2021).

- *Rio salitre o juan amarillo*: en los efluentes del rio salitre que van a el humedal juan amarillo aguas abajo del flujo recolector de la PTAR salitre se han encontrado principalmente conexiones erradas tanto antes y después de aguas abajo donde se encuentra el flujo saliente del agua tratada en la UPZ 72 de Bolivia. además de presentar problemáticas con urbanismos legalizados que están contaminando nuevamente los efluentes junto a presencia de microtráfico de estupefacientes. (secretaria de gobierno de Bogotá, 2021).
- *La conejera y la quebrada la salitrosa*: dentro de los limites hídricos existen disposición de escombros y residuos solidos sobre el espejo de agua principalmente por el acceso de la vía corpas, también se puede presenciar contaminación debido a conexiones erradas que ingresan sobre la quebrada la Salitrosa además que sufre una gran presión antrópica sobre el agua disponible por pobladores cercanos por agricultura junto a pastoreo, presencia de perros ferales que han comprometido el ecosistema y la ampliación de la avenida San José. (secretaria de gobierno de Bogotá, 2021).

9.2.1.2. Impactos sobre el suelo.

Los principales factores sobre la contaminación del suelo en la UPZ 71 son la presencia de la inadecuada presencia de residuos, vertimientos líquidos tóxicos de origen de comercios de carnes y víveres, invasión de espacio publico y en zonas de protección de estructura ecológica y

descontrol sobre las heces de animales domésticos en espacio público. (secretaria de gobierno de Bogotá, 2021).

Los puntos con más presencia de estos impactos se encuentran en la calle 139 con (carrera 109 y de #106 a 109), el barrio San Carlos de Tibabuyes, los lotes baldíos de la Av. ALO, Bilbao, Santa Cecilia, calle 139 en el barrio Lisboa, la Quebrada Salitrosa, el Cerro La Conejera, sobre el brazo del humedal Juan Amarillo entre los barrios lagos de suba y laguito que provienen de la UPZ colindante, la ronda del Río Bogotá Y la Gaitana. (secretaria de gobierno de Bogotá, 2021).

9.2.1.3. Impactos sobre el aire.

Las fuentes principales de contaminación provienen de variadas fuentes fijas y móviles como los vehículos de transporte masivo por toda la UPZ como algunas industrias y fabricas menores, también existe la presencia de quemas al aire libre que deja contaminantes procedentes de residuos domésticos en lugares baldíos generando contaminación en el aire y el suelo, con potencial de aumentar la problemática en enfermedades respiratorias que afectan a población sensible a adquirirlas como menores de edad y adultos mayores. (secretaria de gobierno de Bogotá, 2021).

En las zonas más comunes de apreciar este tipo de impactos es sobre los predios de la autopista ALO, barrio Lisboa, av. Calle 139, Calle 132, calles 143 b y 144 del Barrio Bilbao, presencia de carpintería en carrera 107 Calles 137 a 139, Carrera 109 Calle 137, barrio villa maría posesión de industria de velas, la Gaitana, la Ronda del Río Bogotá en el Sector Gavilanes en el barrio santa Rita y santa Cecilia. (secretaria de gobierno de Bogotá, 2021).

9.3. Identificación de los impactos principales hechos por la PTAR salitre.

9.3.1. Área directa para la PTAR salitre.

Para identificar los impactos generados dentro de la PTAR salitre se debe reconocer que este tipo de proyecto posee un plan de gestión social y ambiental para el proyecto de ampliación optimización y ejecución de la planta de tratamiento de aguas residuales, esta tiene como principal objetivo la descontaminación del río Bogotá, dejando en cargo de la ejecución de este plan es la CAR y el ministerio de ambiente como los responsables, sobre la identificación del entorno socioeconómico donde se desarrolla la planta, los posibles impactos positivos y negativos que se generan frente a su ejecución y funcionamiento.(CAR,2016).

En el campo de impacto directo donde se desempeñan las acciones provocadas por la PTAR se encuentran en los barrios de Villa Cindy, Santa Cecilia, Santa Rita, San Pedro de Tibabuyes, Lisboa y Berlín en la localidad de suba, varios de estos barrios cuentan con grupos ambientales como la Mesa Ambiental de Suba y Engativá participativos frente a las acciones tomadas por la PTAR hacia los ciudadanos. (Alcaldía mayor de Bogotá, 2013).

Donde la distancia existente frente a la UPZ 71 es determinada Principalmente por el RAS 2000 título E esto debido a las consideraciones de estar próxima a las zonas residenciales donde se tomó medidas como la minimización de molestias para la población, donde debía tener como mínimo una distancia de 75 m, además se exigió como mínimo un tiempo de 25 años de operación según la norma y tener el terreno suficiente en caso de tener que realizar modificaciones. (min. vivienda, 2000).

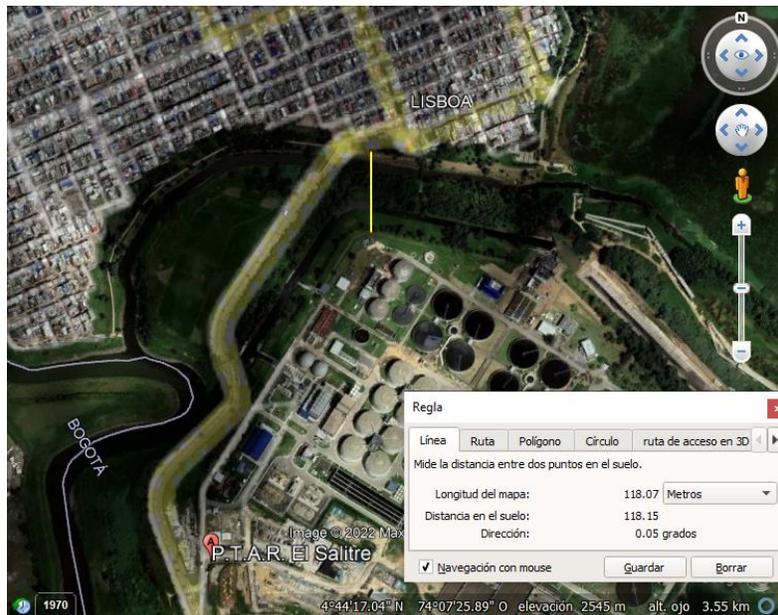


Figura 11 Distancia de PTAR salitre hacia la UPZ 71 de Tibabuyes. fuente: Propia

Se distinguen en el siguiente mapa las zonas de descarga determinadas por la PTAR para el funcionamiento estratgico en el saneamiento del rio Bogota:



Figura 12 puntos de liberación y entrada de efluentes para la PTAR salitre.

Fuente: [acuosas soluciones a tratamiento de aguas. ,2021](#)

9.3.2. Impactos obtenidos por reportes oficiales.

Dentro de los resultados obtenidos mediante los informes oficiales aportados por estas entidades determinados por las Distinciones, exigencias y perspectivas que tiene la comunidad sobre el área de influencia de la planta de aguas residuales se encontraron (CAR ,2017).

Los impactos más representativos fueron:

Manejo forestal y paisajístico: Este impacto positivo plantea las medidas necesarias para a revegetalizar las zonas previamente afectadas, mejorar la visibilidad de los lugares y generar barreras ambientales como asilamiento visual, olfativo, sonoro y mejorar la conservación ambiental de especies nativas tanto de flora como fauna. (CAR,2021).



Figura 13 Barreras ambientales presentes en la PTAR salitre. Fuente: EAB,2021.

Optimización del recurso hídrico: como impacto positivo se define como un programa para uso y ahorro eficiente del recurso hídrico para todas las actividades dentro de una industria, actualmente el consumo administrativo de la PTAR salitre es inferior bajo el recurso usado en la meta planteada por el EPM de valores inferiores a 15240 m³/mes (CAR,2021)., pero con la apertura de la segunda fase de expansión en el mes de enero aumentando el consumo abruptamente por el funcionamiento de la planta en el saneamiento donde se registraron las siguientes cantidades de consumo en agua potable:

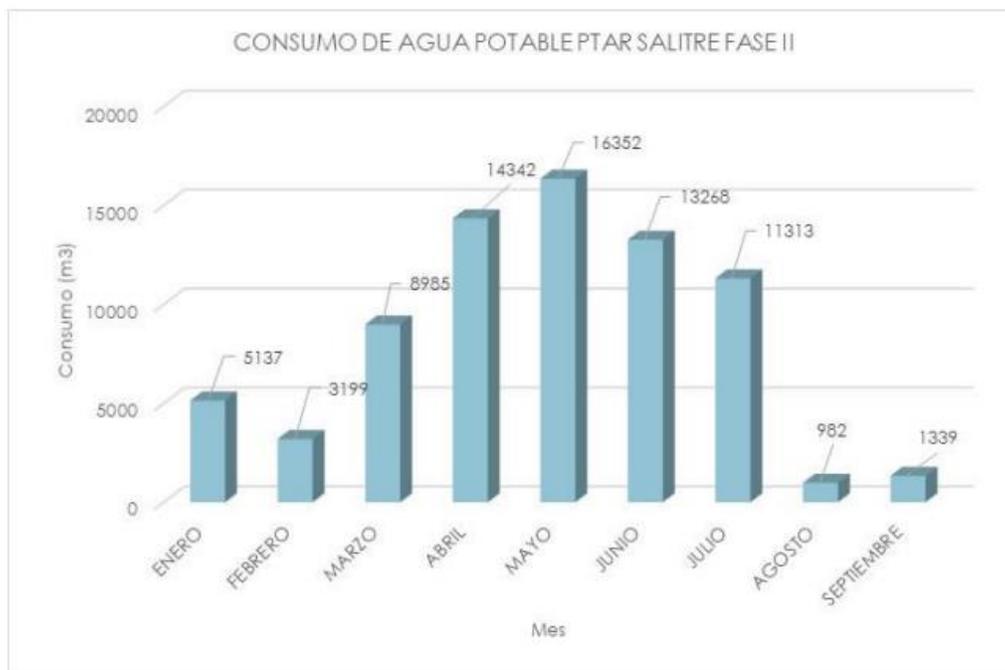


Figura 14 Consumo de agua potable mensual en la Fase II de la PTAR salitre en funcionamiento. Fuente (EAB,2022).

Transporte en Biosólidos: En base al plan de manejo ambiental el control de estos residuos orgánicos es controlado por parte de la PTAR salitre dentro la resolución 1301 de 2016 emitido por el ANLA y modificado por el mismo en 29 de julio de 2020, el cual ordena a usar el predio el corzo ubicado a 4 km de la PTAR. el cual es usado para el secado del biosólido residual del

saneamiento y posteriormente es llevado hasta el predio la Magdalena para ser usado en la recuperación del suelo (CAR,2021)., los camiones siguen actualmente la siguiente ruta predeterminada por la licencia ambiental:



Figura 15 Ruta predeterminada para movilizar los biosólidos (CAR,2021).

Plan para uso de los lodos. Los lodos de las plantas de tratamiento son controladas bajo el Decreto 1287 del 10 de julio de 2014 por el ministerio de vivienda y la norma US EPA 40 CFR donde se establece la regulación de dichos biosólidos dándole un tipo para los limites contenidos por los lodos siéndole asignado a los lodos de la PTAR el tipo B. donde establece los usos, concentración de contaminantes con límites para el reusó y restricciones del lodo sobre el uso del

suelo tratado con estos biosólidos, debido a la presencia de patógenos de los productos fecales saneados previamente en este tipo de lodo en base a la norma EPA 40. (CAR, 2021).

Control sobre ruido: el monitoreo de ruido como impacto positivo es necesario para reducir la contaminación sonora mediante la instrucción de los límites permisivos acústicos de la resolución 627 de 2006 expedida por el ministerio de ambiente, donde la planta entra en la categoría industrial con una permisividad diurna y nocturna de no rebasar los 75db.

La generación de ruido por la PTAR salitre principalmente provienen en el funcionamiento de la tea, las calderas, Digestores, tanque almacenador de lodos y la zona de deshidratación de lodos. Teniendo bastantes zonas inoperativas frente a la expansión y cambios de la Fase II de la PTAR salitre, teniendo como ultimo control de sonido entregado por la PTAR en la fecha de abril de 2022. (EAB,2022).

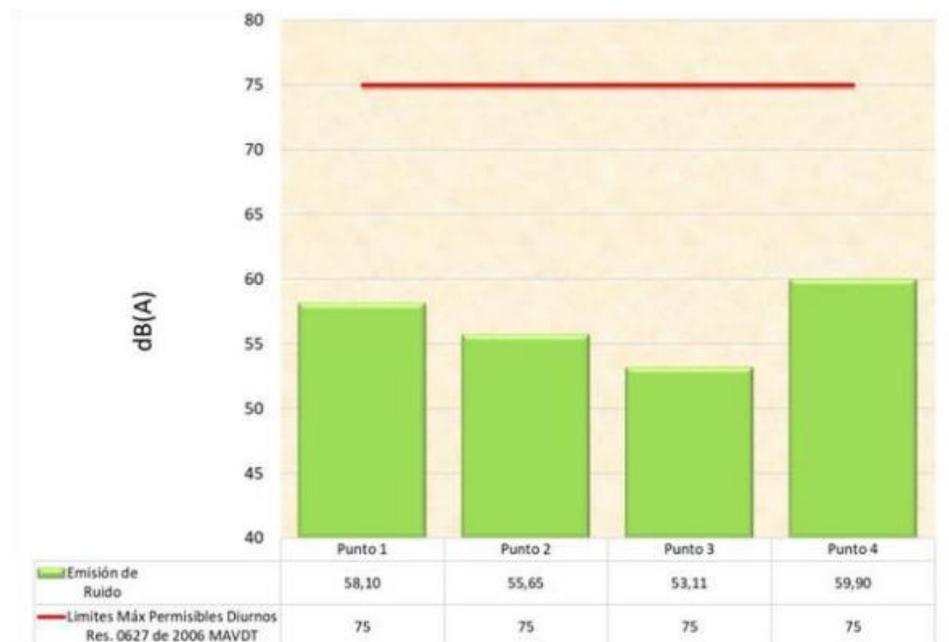


Figura 16 Estudio de ruido realizado por la firma ICG en abril del 2022 fuente: (EAB,2022).

Manejo de efluentes salientes de la PTAR: el impacto frente a el saneamiento se espera provocar una disminución frente a la contaminación del agua afluente, por medio del tratamiento primario y secundario necesario obteniendo los resultados promedios siguientes en el mes de septiembre de 2022:

PARÁMETRO	Caudal Afluente (m3/s)	Concentración de entrada (mg/l)	Caudal Efluente (m3/s)	Concentración de salida (mg/l)	Carga Removida (Ton.)
SST	5,28	127,33	5,09	10,8	1.591,83
DBO ₅	5,28	249,1	5,09	17,47	3.136,95

*Figura 17 Concentración de efluente y afluente de la PTAR salitre en septiembre de 2022.
Fuente: EAB,2022.*

Con variaciones presentes frente a el tratamiento de la contaminación orgánica entre los días, otros parámetros como la temperatura se han mantenido constante a 14.4 °C, las grasas totales con un 7 mg/l promedio y un PH de 7.7 siendo resultados que no generan un impacto dentro de los efluentes según lo establecido por la Resolución 631 del 2015. (EAB,2022).

Los resultados obtenidos en la contaminación derivada de SST y DBO mostraron picos para el mes de septiembre de 2022, con los siguientes resultados:

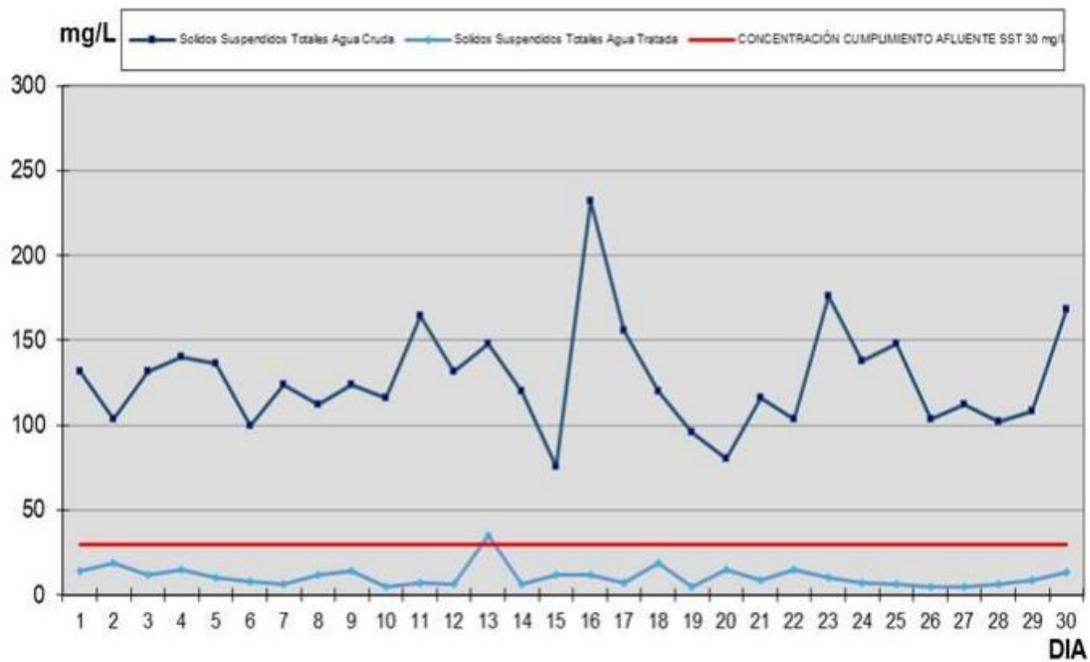


Figura 18 Grafica de SST presentes en la concentración diaria en el mes de septiembre de 2022. Fuente: EAB,2022.

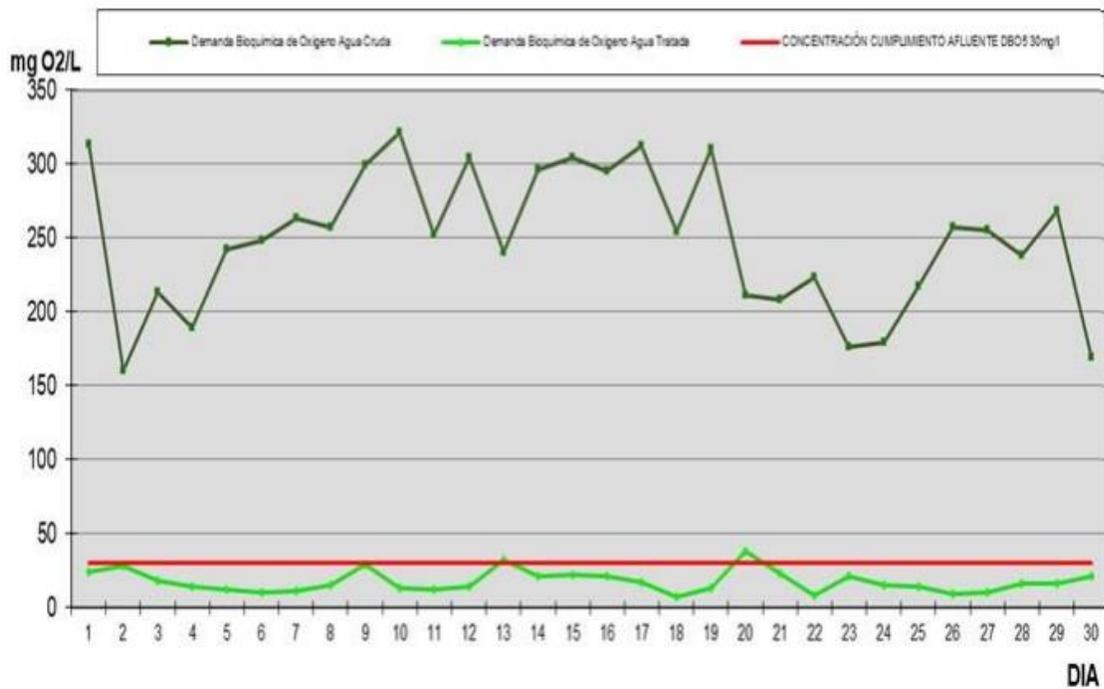


Figura 19 Grafica de DBO presentes en la concentración diaria en el mes de septiembre de 2022. Fuente: EAB,2022.

Control en emisiones: con la inoperación de algunos equipos la cuantificación de los gases generados la PTAR salitre enfocó los estudios de emisiones provocadas por los electros generadores omitiendo a tecnologías como los digestores biológicos, dentro de la resolución 1309 de 2010 del ministerio de ambiente que dicta los parámetros siguientes:

Fuente Fija	Contaminante (mg/ m³)	Concentración corregida con O₂ al 15% (mg/m³)	Resolución 1309 de 2010 MAVDT (mg/m³)
Electrógenerador 1	MP	9.23	100
	SO ₂	0.0086	400
	NO _x	131.27	1800
	CO	0.028	N.A
Electrógenerador 2	MP	8.61	100
	SO ₂	0.0081	400
	NO _x	122.54	1800
	CO	0.026	N.A

Figura 20 Resultados de monitoreo de emisiones del mes de junio de 2022. Fuente: EAB,2022.

los olores presentes de la PTAR salitre son monitoreados por la resolución 1541 de 2015 debido a la presencia de azufre en las emisiones, comenzando su vigencia dentro de la planta en el año 2021.

Otros impactos descritos dentro de las fases de expansión que han dejado impactos previos y aún se encuentran activos frente a el funcionamiento de la PTAR salitre son:

Tabla 2 Los impactos sociales encontrados por la ampliación y trabajo sobre la PTAR salitre etapa II (CAR, 2017).

<i>Impacto determinado</i>	<i>Efecto</i>	<i>Acciones hechas</i>
Generación de olores y emisión de M.P por la remoción de residuos sólidos debido al acondicionamiento del terreno.	Problemas de salud pública de tipo respiratoria	<i>Plan de mitigación de impactos por medio de medidores no se contaba con empresa certificada (Contraloria,2020)</i>
Incremento en los niveles de ruido permitidos por maquinaria en Horario laboral (Etapa de construcción).	Problemas de salud pública de tipo auditivo	NO hubo existencia de revisión de Ruido por no tener una empresa certificada (Contraloria,2020).
Tratamiento de silvicultura en zonas de recuperación Requeridos sobre el suelo del proyecto para su ejecución.	Mitigación de sonidos y olores.	Implementación de barrera ambiental en case a los suelos recuperados y deforestados para compensar la construcción. (Contraloria,2020).
Cambios en la movilidad vehicular del sector por el movimiento y transporte.	Retrasos respecto a la movilidad en etapa de construcción	Después de finalizar la construcción la PTAR solo requiere transporte de biosólidos hacia el predio magdalena (Contraloria,2020).

Falta de conocimiento sobre el proyecto, sus límites, objetivos y etapas de desarrollo y junto a la pérdida de credibilidad.	Ausentismos, falta de participación y Generación de desinformación.	Realización de campañas masivas de sensibilización y gestión social desde 2017 a 2021. (Contraloria,2021)
--	---	---

Según la evaluación del conflicto ambiental se encontraron otro tipo de impactos que aun persisten hasta el día de hoy con las obras de ampliación de la PTAR el salitre tanto la afectación en área del humedal el cortijo - Tibabuyes en el desarrollo de la fase II como el cambio en el uso de suelo se presentaron los siguientes impactos:

Tabla 3 Los impactos ambientales determinados para la PTAR.

<i>Impactos Determinados</i>	<i>Observaciones</i>
Teniendo una licencia ambiental ordinaria otorgada por la resolución 817 de 1996 modificación no incluye el análisis sobre los permisos, autorizaciones o concesiones para el uso y/o aprovechamiento o afectación sobre los recursos naturales renovables, necesarios para el Proyecto.	La licencia al ser de carácter ordinario depende de algunas modificaciones para la expansión de la fase II de la PTAR para la construcción y operación. Indicando principalmente que la empresa encargada en esta construcción debe adquirir los permisos o autorizaciones expedidos por el ANLA.(CAR,2016).
La modificación en la línea de agua en el tratamiento primario sobre los tanques de aireación tiene la ventaja de crear un modelo libre y dependerá del desarrollador en la expansión.	Las áreas de los tanques de aireación no se encuentran definidas en la licencia ambiental ordinaria al no tener restricciones ambientales teniendo un impacto sobre los terrenos ocupados por el humedal Tibabuyes. (CAR,2016).
	Varias hectáreas del proyecto fueron recuperadas, por los varios cambios que ha

En el desarrollo de la segunda fase una parte de influencia directa serán los territorios comprados por el distrito para el proyecto donde la fase I tiene un total de 71 hectáreas divididas en los procesos.

sufrido la planeación de la construcción tanto en fase I como II como lo fue el parque de reciclaje, Esto debido al impacto sociológico sobre la desvalorización de los terrenos y generación de olores y se organizaron 23 Hectáreas para recreación y conservación para la comunidad. (CAR,2016).

En base al POT vigente en la fase I se creó un sistema verde de la ciudad en unión con la ronda y zona de manejo y preservación ambiental del río Bogotá junto a los humedales de Juan Amarillo, de Jaboque y la Florida, así como los barrios Lisboa, Santa Cecilia, las urbanizaciones el Cortijo y la ciudadela Colsubsidio.

Con este POT se inició la obra y bastantes barrios y expansiones no fueron tomadas en cuenta como lo es de cortijo y Tibabuyes, lo que llevo a algunas comunidades a integrarlo a la red de humedales vigentes para la PTAR, trabajado por la secretaria de ambiente y solucionado actualmente. (CAR,2016).

Al iniciar sobre la etapa constructiva y de operación de la PTAR, se generan emisiones contaminantes sobre el aire que deberán ser monitoreadas. Durante la operación de la I fase de la planta, pero en los radares de material particulado este estaba dentro los parámetros establecidos por la normatividad ambiental.

La CAR no compartió más información sobre estas emisiones no atrapadas y que posteriormente serían controladas con la tecnología que controla los gases resultados de la operación de la PTAR para uso energético. (CAR,2016).

Se tomaron principalmente los impactos ambientales que recaen sobre las comunidades tomando la gran mayoría como impactos positivos y los otros impactos de poca relevancia han sido casi ignorados para la ciudad.

No se tomaron los impactos dejados por el basurero cortijo y humedal Tibabuyes en la geomorfología del terreno los cuales fueron rellenados por fenómenos antropomórficos, dejando un aumento de probabilidades sísmicas sobre la PTAR salitre. (CAR,2016).

Nota: Datos brindados por (Evaluación del Conflicto Ambiental Generado por las Obras de Ampliación de la PTAR “EL SALITRE” en Área del Humedal Cortijo –Tibabuyes,2016, pag.12), estos impactos fueron Hallados en base al concepto Técnico No 1692.

A continuación, se define por medio de una matriz de impacto ambiental los principales impactos que necesitan una mayor importancia que permitirá identificar los impactos que requieren una metodología para su mitigación.

Tabla 4 Matriz de Identificación de aspectos y valorización Conesa.

Actividades	Duración	Impacto	Descripción del Impacto	SIGNO	Intensidad	Extensión	Momento	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad	Sinergia	Acumulación	Efecto	Periodicidad	SIGNIFICANCIA	
Acondicionamiento del Terreno	Temporal	Generación de material particulado	Levantamiento de macro y micro partículas Provenientes de materiales antropomórficos y del suelo, provocados por maquinaria	-	2	2	4	1	1	1	1	1	4	1	-24	Irrelevante
Trabajo de Biodigestor	Rutinario	Generación de olores molestos	Generación de olores con alto contenido de componentes sulfurados hacia la población aledaña	-	2	4	4	2	1	1	2	1	4	4	-33	Moderado

Desconocimiento sobre el proyecto, límites, objetivos y desarrollo por entidades y población aledaña.	No Rutinario	Pérdida de credibilidad y ausentismo	Distorsión a la información entregada por la planta previamente	-	4	4	1	2	2	2	2	4	1	1	-35	Moderado	
Movilidad de lodos residuales hacia predio magdalena.	No rutinaria	Cambio de movilidad vehicular	afectación sobre los residentes de la ruta fija donde se desplazan estos lodos en los camiones	-	4	2	4	1	1	1	1	1	1	1	2	-28	Moderado
Tratamiento de silvicultura para áreas afectadas y construcción de parque metropolitano.	No Rutinario.	Aumento de cobertura verde	Recuperación de suelos junto a creación de barrera viva para la planta	+	2	1	1	2	2	2	2	1	4	2	24	Irrelevante	
Trabajo de maquinaria con objetivo de expandir la PTAR.	No Rutinaria.	Sobrepasar los límites de contaminación acústica	Generación de sonidos perjudiciales para la salud humana.	-	1	1	4	1	1	2	1	1	4	2	-21	Irrelevante	

Implementación de divulgación de información por medios físicos y virtuales.	No rutinario. Compartir y extender la información acerca de la PTAR.	mejora de conocimiento general dentro la población aledaña y de instituciones que tengan curiosidad sobre la planta.	+	4	4	1	2	2	4	2	4	4	4	2	40	Moderado
Captura de especies de fauna	Temporal Recuperación de fauna.	Traslado de especies animales a barreras ambientales o humedales que cumplen como hábitat para las especies que entran a la planta.	+	4	1	2	2	1	4	1	1	4	1	30	Moderado	
Aplicación de cal sobre los lodos inestables	No rutinario Reducción de olores.	Reducción de olores provenientes de los silos de contención por medios químicos	+	2	2	4	2	1	4	1	1	4	2	29	Moderado	
Liberación de efluente saliente de la PTAR el salitre.	Rutinaria Disminución de carga contaminante de río y el acueducto de la ciudad.	Entrada de un efluente apto para los cuerpos de agua bajo la resolución 631 de 2015.	+	4	4	4	4	4	8	2	4	4	4	54	Severo	

9.4. Impactos determinados por la contraloría.

De acuerdo con los resultados obtenidos por las fuentes previas y un reporte ofrecido por la contraloría general de la república en diciembre de 2020 siendo la más reciente hasta la fecha, se encuentran impactos sobre los efluentes salientes de la PTAR salitre en etapa I donde se evidencia que la CAR en el año 2020 ha establecido unos parámetros límites máximos permisibles de DBO (50mg/L), SST (40 mg/L) y Coliformes totales (20000 NMP/100 ml), donde la PTAR salitre no cumplía estos parámetros sobre el agua.(contraloria,2020)

Donde el reporte de la contraloría informa una administración ineficiente para la PTAR el salitre dentro de sus límites establecidos afirmando que en los efluentes que entran al río Bogotá en las zonas completas de la fase I de la PTAR el salitre no brindaban un saneamiento completo registrándose concentraciones de DBO con 151,33 mg/L y SST de 100,83 mg/L con una fecha precedente de junio de 2019, donde la etapa II se encontraba en construcción de clarificadores primarios, tanques de aireación, biodigestores entre otros. estas concentraciones pueden ser evidenciadas en los informes mensuales de actividades de la PTAR salitre dentro del límite del año 2020. (contraloria,2020)

Con estos datos la contraloría culpa a la CAR por la deficiencia de la administración sobre la gestión, ejecutar progreso o acciones para proyectos que permitieran hacer funcionar el saneamiento del río Bogotá para cumplir el plan de 2020 brindado por el Acuerdo 043 de 2016-CAR, y las ordenes presentes en la Ley 99 de 1993 en sus artículos 23 y 31 (contraloria,2020), dejando a la PTAR salitre fase II como la única capaz de realizar el saneamiento en el parámetro de DBO correcto para el río Bogotá.

Realizando una comparación a las concentraciones recibidas con los resultados actuales dentro del parámetro de DBO la PTAR el salitre tuvo una reducción creciente en la concentración de DBO en los efluentes salientes comenzando en enero de 2022, esto siendo consecuencia de la terminación de la ampliación y optimización informados en diciembre de 2021 con los 6 clarificadores nuevos que llegan a apoyar los 8 anteriores. ([EAB,2021](#)).

Estas acciones dejaron consecuencias a nivel de costos ambientales y sociales como los impactos dejados a la población que requería del agua que dispone el río Bogotá para realizar actividades agropecuarias en la sabana de Bogotá y obtener alimentación debido a sus capacidades económicas aumentando el riesgo existente en la salud de los pobladores por alimentos contaminados.

Otra problemática expedida por el ANLA es la falta a el expediente LAM0368, el cual se enfoca en el plan de reducción de impacto de olores para la reducción de olores ofensivos (PRIO) para el año 2020 estipulado en base a la resolución 1541 de 2013, actualmente la PTAR salitre para controlar los olores tiene una planificación de limpieza en sus bodegas donde almacenan los biosólidos, donde cae el material de los silos donde se almacenan y cuenta con contadores para olores en el parque metropolitano como el ubicado en la ciclorruta el cortejo. (ANLA,2020)

10. Alternativas para mitigación.

10.1. Propuestas

Con las problemáticas presentes en referencia sobre el cumplimiento presente se darán una serie de propuestas para los impactos negativos expresados dentro de la matriz de impactos Conesa, donde dentro de estos impactos la presencia de olores es el más problemático, esto debido a que la PTAR ya cuenta con una alternativa de mitigación fuerte dentro de él plan de gestión social donde se divulgo información sobre el funcionamiento de la planta, talleres sobre el uso adecuado del agua, saneamiento del rio Bogotá y métodos para fortalecer el reciclaje ,utilizando métodos virtuales como plegables y como físicos como visitas guiadas donde hubo un total de personas informadas de 243 solo el mes de agosto de 2022.(EAB,2022).

Por lo que la propuesta estará enfocada en la implementar un sistema previamente probado teóricamente y práctico para el funcionamiento de limitar la generación de olores molestos para la población con alto contenido donde se pudo observar la presencia de estos olores dentro de la planta con el ultimo registro de visitas de enero a junio de 2022 donde se indicó que un 5.46% de los visitantes presenciaron olores provenientes de la PTAR. (EAB,2022).

Se contempla que actualmente los equipos de Desodorización mecánicos de la PTAR salitre están inutilizables o desactivados para los digestores y los lodos siguen generando olores frente a la población aun estando preservados en los silos con La estabilización con cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), se puede emplear la siguiente solución para aumentar aún más el control sobre los olores dentro de los silos :

La metodología usada es el tratamiento por biofiltración como biotecnología enfocada en la destrucción de los olores para desodorizarlo sin métodos químicos el cual permite el uso de

tierra, compost, corteza de pino, turba, pelo de coco, conchas de moluscos y residuos agrícolas como materiales principales para crear un filtro orgánico que es capaz de desintegrar las fuentes de los malos olores provenientes de los lodos residuales con microorganismos que habitan dentro de este filtro, además de drenar la humedad restante del aire contaminado que viene previamente humedecido, este método requiere de nuevas mediciones como la composición del gas restante de la biodegradación, chequeos en los sistemas de riego, análisis de la evolución microbiana en los lechos, la humedad, la temperatura ambiente, el pH y la presión. (Labaqua, 2020).

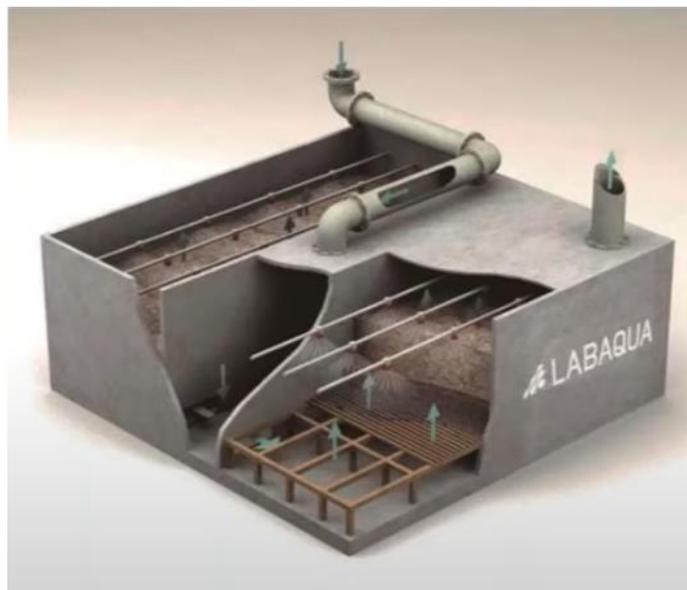


Figura 21 Esquema General de Biofiltro Biológico fuente: (labaqua,2020).

Beneficios.

- 1.El proceso de entrada y salida del aire contaminado dentro del sistema de bombeo hacia el filtro es de una duración entre 20 a 60 segundos. (labaqua,2020).
- 2.El recinto donde ingresa el aire contaminado lo recubre placas de hormigón resistente a los compuestos con alto contenido sulfuroso como el H_2S principal generador de los malos olores.

3. Se puede mejorar la biofiltración avanzada si se le agrega variaciones entre filtros porosos inorgánicos esterilizados de larga duración como la arcilla expandida con un grosor de 10 a 20 mm y el biofiltro superior se puede expandir de 0.8 a 1m de altura. (labaqua,2020).
4. Cumple con una eficiencia de desodorización entre 70% a 80% con el biofiltro convencional y con su mejora de biofiltración avanzada es mayor a 95% cumpliendo una remoción de 500/1000 UO_E/m³. (labaqua,2020).
5. El único consumo eléctrico que posee es el del aspersor de humedecimiento que funciona de manera discontinua y tiene bajo costo de operación lo que recupera la inversión a largo plazo de su construcción. (labaqua,2020).
6. Existen casos exitosos de desodorización con esta metodología como es el caso de la PTAR en Montcada - Barcelona.

Desventajas

1. El biofiltro puede sufrir deterioro propio en el soporte, esto debido a si los compuestos que tienen el biofiltro están contaminados con microorganismos ajenos del exterior a los organizados en la descomposición de los gases contaminantes, debido a estos microorganismos procederán a descomponer el biofiltro y aumentar los olores del gas contaminado. (labaqua,2020).
2. Requiere un gasto de construcción inicial para la obra civil con un costo elevado alto en comparación a su costo de operación, pero sus materiales de obra pueden tener alternativas.

10.2. Inversión.

Para la implementación mínima de los biofiltros se requiere la construcción un soporte de lecho filtrante, espacio y cobertura del filtro biológico cubierto, malla de retención (Exponet), junta de estanqueidad (Airstop), almacén para formar el lecho biológico y un sistema de riego. (labaqua,2020).

Tabla 5 Presupuestos en base a los precios de los equipos de labaqu.

Datos sobre la PTAR	Unidades
<i>Caudal de diseño de la PTAR salitre.</i>	3600 m ³ /h
<i>Ratio de tratamiento de caudal de aire por metro cuadrado de superficie.</i>	125 – 150 m ³ /h/m ²
<i>Superficie necesaria para su construcción. (Q_d / Rt. De tratamiento).</i>	24 - 28.8 m ²
Costos Directos	
<i>CAPEX (coste de equipos y obra) promedio para biofiltro convencional.</i>	\$ 348.904.531 - \$ 468.435.043
<i>CAPEX (coste de equipos y obra) promedio para biofiltro expandido.</i>	\$ 578.993.417 - \$ 827.133.454
Costos indirectos	
<i>OPEX (cambio de lecho y gasto de servicios) promedio para biofiltro convencional \$/anual – tiempo de vida promedio de equipos (3 años).</i>	\$77.106.727 - \$ 110.152.468
<i>OPEX (cambio de lecho y gasto de servicios) promedio para biofiltro expandido \$/anual – tiempo de vida promedio de equipos (8 años).</i>	\$ 117.219.768 - \$ 167,456,811.

Nota: los precios determinados para el equipo y el costo de obra fueron determinados por la empresa de [labaqua](#) y los precios fueron convertidos a peso colombiano (COP) debido a que su fuente principal provenía originalmente en euros.

11. Conclusiones

1. La UPZ de Tibabuyes actualmente es usada para usos residenciales con una cobertura de servicios buena, pero muestra una gran variedad de problemáticas socioambientales en referencia a la cercanía de las poblaciones a los cuerpos de agua y la organización territorial lo que ha traído el aumento de contaminación en el entorno dentro de los barrios y la creación de conflictos sociales como la delincuencia, dejando como consecuencias la desaparición de ecosistemas estratégicos en la UPZ.

2. De todo lo anterior podemos deducir que los impactos ambientales y sociales procedentes de las plantas de tratamiento el salitre ha generado beneficios y conflictos que con el pasar del tiempo y el avance de la obra algunos han ido mejorando y otros impactos no han cambiado o han tenido una capacidad de amortiguación suficiente frente a las acciones realizadas por el EAB y la CAR, lo que ha llevado a bastantes modificaciones que han permitido la construcción de humedales artificiales y un parque metropolitano. Pero también ha traído evidencias sobre el retraso y la ineficiencia que actualmente está sufriendo en el funcionamiento la PTAR, con respecto a la maquinaria de operación, la infraestructura y el control final de salida de afluente frente a la expansión.

3. Con los impactos evidenciados frente a la evaluación de impactos ambientales Conesa la problemática más esencial para ser mitigada dentro de las capacidades que posee la PTAR fue el problema de olores, donde el tratamiento por biofiltración fue la propuesta más óptima para controlar los olores provenientes de los biosólidos debido a su rentabilidad a mediano plazo.

4. Concluyendo los aportes hechos por el estudio de información generada por artículos, informe de contraloría y otros documentos demostraron que el avance en la construcción y el

funcionamiento de la PTAR debido a los impactos presentes frente a los atrasos debido a la falta de responsabilidad de la CAR con: permisos y autorizaciones en la estación canoas para el funcionamiento conjunto con la PTAR salitre, debilidades en la ANLA respecto al monitoreo de olores y la calidad del aire, la adopción de medidas en relación con la remoción de cargas contaminantes y la actualización del Manual de seguimiento ambiental de proyectos que apoyan a la mitigación.

12. Recomendaciones.

1. Se sugiere que la contraloría lleve a cabo otra auditoria para saber si han solucionado todas las debilidades presentadas en el año 2020, dadas en los objetivos de esta infraestructura necesaria para el saneamiento del rio Bogotá con el fin de reforzar la confianza pública y la seguridad ambiental, además impulsar un plan de reducción para los incumplimientos en las actividades previamente planteadas por la PTAR descritos por la procuraduría para establecer nuevas metas para mejorar el estado de la planta.

2. Promover y buscar un mejor avance en el cumplimiento de la construcción y terminación de la obra con los parámetros establecidos por la ley, con mayores búsquedas de soluciones para mejorar la obra hasta que sea optima, además se recomienda reforzar la búsqueda de efluentes provenientes de conexiones erradas en la corriente sobre el rio Bogotá que afecta la calidad del resultado obtenido por la PTAR.

3. se recomienda fortalecer la comunicación frente al saneamiento del rio Bogotá con la PTAR canoas por parte del PTAR salitre frente al control de las problemáticas sociales encontradas en los cuerpos de agua para mantener la calidad del rio Bogotá posteriormente tratada por estas plantas de tratamiento.

Referencias Bibliográficas

Resolución 631 de 2015, de 17 de marzo, que especifica los Parámetros de vertimientos. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Documento Normativo núm. 631, de 17 de marzo de 2015).

<https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-631-de-2015/>

Contraloría general de la república, ANLA, CAR, (2020), Informe auditoria cumplimiento planta de tratamiento de aguas residuales salitre y canoas.34-84, (CGR-CDMA No. 23, diciembre de 2020).

<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/02/Informe-Auditoria-de-Cumplimiento-PTAR-Salitre-y-Canoas.pdf>

Empresa de acueducto de Bogotá (EAB), (2020-2022), Informes mensuales de actividades de PTAR el salitre, vol 24-33, 60-105.

<https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB2/Home/ambiente/saneamiento/rio-bogota/ptar-salitre/informes-de-actividades-ptar-salitre>

CAR, Acueducto, Banco mundial y consorcio de expansión Ptar Salitre (2017). PLAN DE GESTIÓN SOCIAL PARA EL PROYECTO DE AMPLIACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EL SALITRE, Vol febrero 2017, 5-23.

<https://www.car.gov.co/uploads/files/5aeb83bba6352.pdf>

CAR y Acueducto (2018). *PTAR El Salitre un complemento para la descontaminación del Río Bogotá*

https://www.car.gov.co/rio_bogota/vercontenido/9#:~:text=Actualmente%20la%20PTAR%20Salitre%20tiene,millones%20de%20habitantes%20de%20Bogot%C3%A1.

CAR, Acueducto, Banco mundial y consorcio de expansión Ptar Salitre (2013) *PLAN DE GESTIÓN SOCIAL PROYECTO DE OPTIMIZACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES — PTAR EL SALITRE COMPONENTE I CONVENIO 171 DE 2007*, vol 2013, 9-28.

<https://www.car.gov.co/uploads/files/5aeb822808cbf.pdf>

Bedoya-Urrego, K., Acevedo-Ruíz, J. M., Peláez-Jaramillo, C. A., & Agudelo-López, S. P. (2013). The characterization of biosolids produced by the san fernando wastewater treatment plant in itagui, antioquia, colombia. [Caracterización de biosólidos generados en la planta de tratamiento de agua residual San Fernando, Itagüí (Antioquia, Colombia)] *Revista De Salud Publica*, 15(5), 778-790.

Bahena, (2021), *Unidad 1 Antecedentes del tratamiento de aguas residuales*. vol 1, 2-8.

https://www.academia.edu/36500244/Unidad_1_Antecedentes_del_tratamiento_de_aguas_residuales

Andrew Pham, Sussan Moussavi, Matthew Thompson, Bruce Dvorak, (2021),

Environmental life cycle impacts of small wastewater treatment plants: Design recommendations for impact mitigation, *Water Research*, vol 207, 2-14.

<https://doi.org/10.1016/j.watres.2021.117758>

Thi Kieu Loan Nguyen, Huu Hao Ngo, Wenshan Guo, Soon Woong Chang, Dinh Duc Nguyen, Tien Vinh Nguyen, Duc Long Nghiem, (2020), Contribution of the construction phase to environmental impacts of the wastewater treatment plant, *Science of The Total Environment*, vol 743, 2-4.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720341802?via%3Dihub>

Cristian Varela-Bruce, Christian Antileo, (2021), Assessment of odour emissions by the use of a dispersion model in the context of the proposed new law in Chile, *Journal of Environmental Management*, vol 295, 3-9.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479721012706>

Claudia Rojas, Bruno De Meulder, Kelly Shannon, (2015), Water urbanism in Bogotá. Exploring the potentials of an interplay between settlement patterns and water management, *Habitat International*, vol 48, 1-3.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S019739751500065X>

Claudia Cossio, Jenny Norrman, Jennifer McConville, Alvaro Mercado, Sebastien Rauch, (2020) Indicators for sustainability assessment of small-scale wastewater treatment plants in low and lower-middle income countries, *Environmental and Sustainability Indicators*, vol 6, 2-3.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2665972720300106>

P. Márquez, M.C. Gutiérrez, M. Toledo, J. Alhama, C. Michán, M.A. Martín,

(2022), Activated sludge process versus rotating biological contactors in WWTPs:

Evaluating the influence of operation and sludge bacterial content on their odor impact, Process Safety and Environmental Protection. Vol 160,2 -3.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957582022001963>

R. Servien, C. Leenknecht, K. Bonnot, V. Rossard, E. Latrille, L. Mamy, P. Benoit, A.

Hélias, D. Patureau, (2021), Improved impact assessment of micropollutants release from WWTPs, Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, vol 5,1-3.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666016421000943>

Chelsea Aristone, Hossein Mehdi, Jonathan Hamilton, Kelly L. Bowen, Warren J.S.

Currie, Karen A. Kidd, (2022), Sigal Balshine, Impacts of wastewater treatment plants on benthic macroinvertebrate communities in summer and winter, Science of The Total Environment, vol 820, 1-4.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896972200314X>

Andrew Pham, Sussan Moussavi, Matthew Thompson, Bruce Dvorak, (2021),

Environmental life cycle impacts of small wastewater treatment plants: Design recommendations for impact mitigation, Water Research. vol 207, 1-4.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135421009520>

Ruth M. Fisher, Radoslaw J. Barczak, I.H. “Mel” Suffet, James E. Hayes, Richard M. Stuetz, (2018), Framework for the use of odour wheels to manage odours throughout wastewater biosolids processing, Science of The Total Environment. vol 634, 1-5.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718311124>

Diego Calderón Q., Juan Calderón Q, (2020), Desodorización de planta de tratamiento de agua residual de barrio villas del nuevo siglo, en la Mesa – Cundinamarca. ver 1, 18-30.

<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/7599/Trabajo%20de%20Grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Universidad de los llanos,(2019), Manual de Operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua residual domestica (PTAR). ver 1, 5-7.

<https://sig.unillanos.edu.co/phocadownloadpap/MN-GCL-02%20MANUAL%20DE%20OPERACION%20Y%20MANTENIMIENTO%20DE%20LA%20PTAR.pdf>

Ye Li, Ye Xu, Zhenghui Fu, Wei Li, Lijun Zheng, Mengran Li, (2020), Assessment of energy use and environmental impacts of wastewater treatment plants in the entire life cycle: A system meta-analysis, Environmental Research. vol 198, 7-10.

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0013935120313554?token=ECBCEE2C3C94BE0F8E70181837BE696B1B382C22FDB6902C98778D88690D08A896253FA9270>

[C30B825F6355F634BF15C&originRegion=us-east-](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722046915)

[1&originCreation=20230101224253](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722046915)

Zhuo Chen, Dan Wang, Guohua Dao, Qi Shi, Tong Yu, Fang Guo, Guangxue Wu, (2021), Environmental impact of the effluents discharging from full-scale wastewater treatment plants evaluated by a hybrid fuzzy approach, Science of The Total Environment, vol 850, 1-3.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722046915>

Pistocchi, H.R. Andersen, G. Bertanza, A. Brander, J.M. Choubert, M. Cimbritz, J.E. Drewes, C. Koehler, J. Krampe, M. Launay, P.H. Nielsen, N. Obermaier, S. Stanev, D. Thornberg, (2022), Treatment of micropollutants in wastewater: Balancing effectiveness, costs and implications, Science of The Total Environment, vol 854, 1-3.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722046915>

Maribel García-Sánchez, Leonor Patricia Güereca, (2019), Environmental and social life cycle assessment of urban water systems: The case of Mexico City, Science of The Total Environment, vol 693, 1-4.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719333844>

Martí Rufí-Salís, Nadin Brunnhofer, Anna Petit-Boix, Xavier Gabarrell, Albert Guisasola, Gara Villalba, (2020), Can wastewater feed cities? Determining the feasibility and

environmental burdens of struvite recovery and reuse for urban regions, Science of The Total Environment, vol 737, 2-7.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720333039>

Olaf Büttner, James W. Jawitz, Sebastian Birk, Dietrich Borchardt, (2022), Why wastewater treatment fails to protect stream ecosystems in Europe, Water Research, vol 217, 1-3.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004313542200344X>

Fernando Mosos, Ana Milena Velásquez, Evelin Tatiana Mora, Carlos Daniel Tello, (2020), Determination of ¹³¹I activity concentration and rate in main inflows and outflows of Salitre wastewater treatment plant (WWTP), Bogota, Journal of Environmental Radioactivity, vol 225, 1-5.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0265931X2030299X>

Diana Martínez-Pachón, Ana María Botero-Coy, Félix Hernández, Nubia León López, Ricardo A. Torres-Palma, Alejandro Moncayo-Lasso, (2022), Elimination of contaminants of emerging concern and their environmental risk in world-real municipal wastewaters by electrochemical advanced oxidation processes, Journal of Environmental Chemical Engineering, vol 10, 1-3.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343722006765>

Tawfik El Moussaoui, Mohamed Oussama Belloulid, Redouane Elharbili, Khalid El Ass,(2022), Naaila Ouazzani, Simultaneous assessment of purification performances and wastewater byproducts management plans towards a circular economy: Case of Marrakesh WWTP, Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, vol 6, 1-6.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666016422000500>

P. Márquez, M.C. Gutiérrez, M. Toledo, J. Alhama, C. Michán, M.A. Martín, (2022), Activated sludge process versus rotating biological contactors in WWTPs: Evaluating the influence of operation and sludge bacterial content on their odor impact, Process Safety and Environmental Protection, vol 160, 2-7.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957582022001963>

Spenagroup, (2022), Sistemas y Soluciones para cada Tipo de Tratamiento de Aguas Residuales. <https://spenagroup.com/>

Zhendong Yang, Senlin Ma, Shizhang Du, Yangwu Chen, Xin Li, Rui Wang, Juncheng Luo, Zhicheng Pan, Zhouliang Tan, (2021) ,Assessment of upgrading WWTP in southwest China: Towards a cleaner production, Journal of Cleaner Production.

F.J. Lopez, E. Pitarch, A.M. Botero-Coy, D. Fabregat-Safont, M. Ibáñez, J.M. Marin, A. Peruga, N. Ontañón, S. Martínez-Morcillo, A. Olalla, Y. Valcárcel, I. Varó, F. Hernández, (2021), Removal efficiency for emerging contaminants in a WWTP

from Madrid (Spain) after secondary and tertiary treatment and environmental impact on the Manzanares River, Science of The Total Environment. Vol 812, 1-6.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721076452>

Yago Lorenzo-Toja, Ian Vázquez-Rowe, Sergio Chenel, Desirée Marín-Navarro, María Teresa Moreira, Gumersindo Feijoo, (2014), Eco-efficiency analysis of Spanish WWTPs using the LCA + DEA method, Water Research, Vol 68, 2-6.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135414007386>

Mojtaba Maktabifard, Alexis Awaitey, Elina Merta, Henri Haimi, Ewa Zaborowska, Anna Mikola, Jacek Małkinia, (2021), Comprehensive evaluation of the carbon footprint components of wastewater treatment plants located in the Baltic Sea region, Science of The Total Environment, Vol 806, 1-3.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721055133>

Katherine Bermudez, Maryan Sepulveda, (2017), Analisis de impacto Ambiental y social de la planta de tratamiento de aguas residuales barra de tijuaca en brasil como lecciones aprendidas para la ciudad de Bogota D.C, vol 1,58-74.

<https://1library.co/document/qmjkw49q-analisis-impacto-ambiental-tratamiento-residuales-lecciones-aprendidas-bogota.html>

Canal PTAR el salitre (22 de julio de 2022) #AsíFunciona nuestra PTAR Salitre, conoce el área de biológicos y su funcionamiento [Archivo de Vídeo]. Youtube.

https://www.youtube.com/watch?v=5fOP7pvWLoE&ab_channel=PTARElSalitre

Canal PTAR el salitre (1 de Mayo de 2021) Espesamiento y Deshidratación de Lodos PTAR Salitre fase II [Archivo de Vídeo]. Youtube.

https://www.youtube.com/watch?v=IuNDK6Tae6Y&ab_channel=PTARElSalitre

Carlos alberto torres , Ciudad Informal,Barrios construidos por la gente, Fuente:

http://artes.bogota.unal.edu.co/assets/institutos/ihct/docs/ciudad_informal.pdf

CAR, El Plan de Gestión Social del Proyecto de Ampliación y Optimización de la PTAR El Salitre ,Fuente: <https://www.car.gov.co/uploads/files/5aeb822808cbf.pdf>

Title 40 chapter 1 subchapter O part 503 subchapter D,19 de febrero de 1993 , Pathogens and Vector Attraction Reduction (The Code of Federal Regulations (CFR) num 40, 4 de agosto de 2021).

<https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-O/part-503/subpart-D>

labaqua (2020, junio) Biofiltración avanzada para el tratamiento de emisiones VOCs y olores

<https://www.iagua.es/noticias/espana/labaqua/17/06/20/biofiltracion-avanzada-tratamiento-emisiones-vocs-y-olores>

alcaldía mayor de Bogotá, 2013, cartilla UPZ 71 Tibabuyes acuerdos para construir ciudad, vol 1, 38-66.

https://issuu.com/gioro/docs/cartilla_upz_71_tibabuyes

Carvajal Henry, 2005, Proyecto Compilación y Levantamiento de la información Geomecánica. ZONIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LA SABANA DE BOGOTA Volumen I “CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS DE LA SABANA DE BOGOTA”, vol 1, 16-27.

<https://recordcenter.sgc.gov.co/B7/21003002502799/Documento/pdf/2105027991102000.pdf>

alcaldía local de suba- diaz angelica , 2020, PLAN AMBIENTAL LOCAL DE SUBA PERIODO 2021 – 2024, vol 1, 13-50.

http://suba.gov.co/sites/suba.gov.co/files/planeacion/plan_ambiental_local_2021-2024.pdf

Gobierno de Bogotá ,idiger ,2010 , ZONIFICACIÓN DE LA RESPUESTA SÍSMICA DE BOGOTÁ PARA EL DISEÑO SISMO RESISTENTE DE EDIFICACIONES, ,vol 1,32-35.

<https://docplayer.es/42692526-Clasificado-zonificacion-de-la-respuesta-sismica-de-bogota-para-el-diseno-sismo-resistente-de-edificaciones-informe-final-volumen-1-original.html>