

IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO BÁSICO, PARA EL MANEJO Y
CONTROL DE OLORES OFENSIVOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES, MUNICIPIO DEL RETIRO – ANTIOQUIA

DILIA MARÍA BETANCUR PÉREZ

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
ECAPMA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN SANEAMIENTO AMBIENTAL
MEDELLÍN
2017

IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO BÁSICO, PARA EL MANEJO Y
CONTROL DE OLORES OFENSIVOS EN LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS
RESIDUALES, MUNICIPIO DEL RETIRO – ANTIOQUIA

DILIA MARÍA BETANCUR PÉREZ

Trabajo de grado para obtener el título de Tecnóloga en Saneamiento Ambiental

Asesor: Diego Alejandro Pérez Giraldo
Ing. Ambiental

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA - UNAD
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
ECAPMA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA EN SANEAMIENTO AMBIENTAL
MEDELLÍN

2017

Tabla de Contenido

INTRODUCCIÓN	1
1. JUSTIFICACIÓN	2
2. OBJETIVOS	4
2.1. OBJETIVO GENERAL	4
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO	5
3.1. SUSTANCIAS GENERADORAS DE OLORES OFENSIVOS.....	5
3.2. CAUSAS Y MEDIDAS PREVENTIVAS PARA EL CONTROL DE OLORES EN LAS PTARS.....	6
3.3. NORMATIVIDAD AMBIENTAL.....	7
3.3.1. Normatividad nacional.....	7
3.3.2. Normatividad internacional	10
3.4. MÉTODOS DE TRATAMIENTO PARA EL CONTROL DE OLORES	11
3.4.1. Biofiltración	12
3.4.2. Biolavadores	13
3.4.3. Depurador de lecho empacado.....	14
3.4.4. Filtros de carbón activo.....	15
3.5. OLORES OFENSIVOS	16
3.6. EFECTOS SOBRE LA SALUD	18
4. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	19
4.1. ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO PTAR EL RETIRO	21
4.1.1. Tratamiento primario: Cribado, bombas de agua cruda, tanque de almacenamiento de excesos y desarenador	21
4.1.2. Tratamientos secundarios procesos de lodos activados, clarificadores	23
4.1.3. Tratamiento terciario: Tanque de cloración, tanques de espesado de lodos y lechos de secado.....	26
5. METODOLOGÍA.....	29
5.1. ENCUESTA A LA COMUNIDAD.....	29
5.1.1. Modelo del cuestionario.....	29
5.1.2. Selección del área	30
5.1.3. Tamaño de la Muestra.....	32
5.2. DESARROLLO DE LA ENCUESTA A LA COMUNIDAD ALEDAÑA A LA PTAR	33
5.3. RESULTADOS.....	35
5.3.1. Resultados encuesta a la comunidad aledaña a la PTAR El Retiro	35
5.3.2. Análisis de resultados-Encuesta Comunidad.....	42
5.4. ENCUESTA A LOS OPERARIOS	44
5.4.1. Desarrollo de la Encuesta a los Operarios	44
5.5. RESULTADOS encuestas operarios ptar	44

6.	análisis de factibilidad de propuestas.....	50
7.	DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	51
7.1.	Ubicación Planta de Tratamiento Aguas Residuales El Retiro - Antioquia.....	51
7.1.1.	PROPUESTA 1. IMPLEMENTACIÓN DE BARRERA ARBÓREA ESTRATIFICADAS TIPO CORTAVIENTOS	53
7.1.1.1.	Análisis técnico.....	54
7.1.1.2.	Diseño de barreras arbóreas rompevientos	55
7.1.1.3.	Especies Vegetativas a sembrar.....	57
7.1.1.4.	Distancia entre plantas.....	60
7.1.1.5.	Análisis Económico.....	61
7.1.1.6.	Análisis financiero.....	61
7.1.1.7.	Análisis Social.....	63
7.1.1.8.	Análisis Ambiental	63
7.2.	Propuesta 2. IMPLEMENTAR NUEVAS Y MEJORES PRÁCTICAS OPERACIONALES EN LA PTAR EL RETIRO	64
7.2.1.1.	Análisis Técnico	64
7.2.1.2.	Equipamiento Técnico humano	64
7.2.1.3.	Control y operación de los procesos de la Planta	64
7.2.1.4.	Prevención, predicción y reparación de fallas y posibles averías.....	66
7.2.1.5.	Análisis Económico.....	67
7.2.1.6.	Análisis Financiero.....	67
7.2.1.7.	Análisis Social.....	68
7.2.1.8.	Análisis Ambiental	68
8.	CONCLUSIONES	69
9.	RECOMENDACIONES.....	71

Lista de Tablas

Tabla 1. Aspectos ambientales de las sustancias asociadas a olores ofensivos de las PTARS	5
Tabla 2. Niveles máximos permisibles de sustancias ofensivas generadas en Las PTARS.....	8
Tabla 3. Características de diseño de reactores flujo de mezcla completa	24
Tabla 4. Características de diseño reactores de aireación extendida	25
Tabla 5. Características de diseño Clarificadores secundarios	26
Tabla 6. Características de diseño, tanque espesado de lodos	27
Tabla 7. Distancia mínima y máxima de las encuestas con relación a la PTAR El Retiro.....	35
Tabla 8. Distribución del tipo de establecimiento	35
Tabla 9. ¿Hace cuánto reside o trabaja en la zona?	35
Tabla 10. ¿Qué tan seria considera usted, la contaminación general en esta área residencial?	36
Tabla 11. ¿Cree usted que los residentes de esta vía, son molestados por la contaminación por olores?.....	37
Tabla 12. ¿Qué tan fuertes son los olores, fuera de la casa/en la calle?	38
Tabla 13. ¿Con que frecuencia percibe malos olores?.....	39
Tabla 14. Distribución de la molestia en escala de termómetro.	40
Tabla 15. ¿Se ve afectado en su residencia o local por los olores ofensivos?	41
Tabla 16. Primera pregunta encuesta operarios	45
Tabla 17. Respuesta Pregunta 1 operarios	45
Tabla 18. Pregunta 2. ¿Qué eventualidades, hechos o factores climáticos puede intensificar la generación de olores ofensivos en la PTAR?	45
Tabla 19. Pregunta 3. ¿Cuáles son las medidas correctivas para mitigar olores ofensivos en la PTAR?.....	46
Tabla 20. Pregunta 4. ¿Marque con una x con qué frecuencia se reciben quejas de la comunidad aledaña por olores ofensivos?	47

Tabla 21. Pregunta 5. ¿Marque con una X que tanto conoce los manuales o protocolos de operación de la PTAR El Retiro?.....	47
Tabla 22. Análisis Frecuencia e intensidad de olores PTAR el Retiro.....	48
Tabla 23. Análisis de factibilidad de propuestas	50
Tabla 24. Especies Arbóreas Propuestas	57
Tabla 25. Presupuesto tentativo para la siembra de barrera arbórea cortavientos.....	62
Tabla 26. Encuesta general a la comunidad aledaña a la PTAR El Retiro Antioquia	76
Tabla 27. Encuesta efectuada a los operarios de la PTAR el Retiro.....	77

Lista de Figuras

Figura 1. Biofiltro convencional	13
Figura 2. Biolavador.	14
Figura 3. Depurador de lecho empacado PTAR San Fernando	15
Figura 4. Filtros de carbón activo.	16
Figura 5. Expansión urbana, construcción de apartamentos al frente de la PTAR El Retiro.	19
Figura 6. Cámara de derivación principal.....	21
Figura 7. Bombeo del agua cruda bombas de Arquímedes.	22
Figura 8. Aireadores en tanque de homogenización.....	23
Figura 9. Tanque de Cloración.....	27
Figura 10. Lechos de secado.	28
Figura 11. Vista aérea PTAR El Retiro, perfil del terreno SE-NW coincidiendo con la dirección anual predominantes de vientos.	31
Figura 12. Zona de estudio cerca de la fuente aproximadamente 500 metros de radio.....	32
Figura 13. Encuesta a Ángela Rave del Centro de Bienestar Calma Espacio Para el Bienestar ..	34
Figura 14. Encuesta Mayordomo finca de recreo	34
Figura 15. Distribución de identificación del lugar de la encuesta en la zona afectada	35
Figura 16. Distribución de tiempo de residencia o trabajo en la zona de estudio.....	36
Figura 17. Distribución porcentual pregunta 2 de la encuesta a la comunidad	37
Figura 18. Distribución porcentual pregunta tres de la encuesta a la comunidad.....	38
Figura 19. Distribución porcentual pregunta 4 de la encuesta a la comunidad	39
Figura 20. Distribución porcentual pregunta 5 de la encuesta a la comunidad	40
Figura 21. Distribución porcentual pregunta 6 de la encuesta a la comunidad	41
Figura 22. Distribución porcentual pregunta 7 de la encuesta a la comunidad	42

Figura 23. Barrera de Eugenios (Eugenia uniflora).....	43
Figura 24. Vista aérea PTAR El Retiro	51
Figura 25. Mapa Municipio del Retiro-Antioquia.	52
Figura 26. Área verde libre de barreras arbóreas tipo cortaviento.....	54
Figura 27. Elementos importantes de diseños de Cortinas Rompevientos	55
Figura 28. Espacio intercalado entre componentes.....	56
Figura 29. Cortinas rompevientos en laderas.....	60
Figura 30. Mapa usos del suelo Municipio del Retiro POT 2015	74
Figura 31. Esquema estructural Planta de Tratamiento de Aguas Residuales El Retiro	75

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Mapa usos del suelo POT 2015 Municipio del Retiro	74
ANEXO B. Esquema estructural planta de tratamiento de agua residuales el Retiro	75
ANEXO C. Modelo encuesta efectuada a la comunidad aldeaña de la PTAR el Retiro	76
ANEXO D. Encuesta efectuada a los Operarios de la PTAR el Retiro	77

Resumen

El principal objetivo de este trabajo ha sido la elaboración de acciones eficientes y económicas, para el manejo y control de olores ofensivos en la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del Municipio del Retiro – Antioquia.

Se parte de un estudio de tipo descriptivo cualitativo, el cual encierra técnicas de observación en la planta, así mismo se realizan encuestas a la comunidad aledaña en un radio de 500 metros y a los operarios de la PTAR, de este modo se concluyen dos premisas fundamentales, la primera es la buena operación de la planta por parte de los operarios de la PTAR, esto se ve reflejado en que tan solo el 11% de la población encuestada, ubicada al Occidente y Nor-Occidente, se quejan por la presencia de olores ofensivos, especialmente en épocas de verano; la segunda es que de acuerdo a las proyecciones de uso de suelo los predios contiguos a la PTAR, están destinados para la expansión urbana considerados en el Plan de ordenamiento territorial (POT) 2015 del municipio del Retiro, esto demuestra que si bien se está realizando una buena operación en la planta se deben tomar medidas preventivas y correctivas para superar los problemas de operación de la misma y estar preparados hacia la demanda creciente de materia orgánica y otras sustancias en el afluente a tratar.

Este aspecto de crecimiento urbanístico toma gran importancia para la autoridad ambiental y para la Empresas Públicas de Medellín (EPM) ya que el efluente de la PTAR El Retiro se incorpora al Río Pantanillo, el cual es uno de los afluentes que surte el embalse La Fe, agua que es tratada y potabilizada para luego ser suministrada a gran parte de los habitantes de la ciudad de Medellín y otros municipios del Valle de Aburra.

Dado lo anterior, se plantea la construcción de barreras arbóreas estratificadas de tipo rompevientos y nuevas prácticas en la operación de la planta por parte de los operarios.

Palabras Claves: Agua residual, biosólido, control de olores, barrera arbórea, buenas practicas operacionales.

Abstract

The main objective of this work has been the elaboration of efficient and economic actions for the management and control of offensive odors in the Wastewater Treatment Plant (EDAR) of the Municipality of Retiro - Antioquia.

It is part of a study of qualitative descriptive type, which includes observational techniques in the plant, also surveys are conducted to the surrounding community in a radius of 500 meters and the operators of the EDAR, thus conclude two basic premises, The first is the good operation of the plant by the operators of the EDAR, this is reflected in that only 11% of the population surveyed, located in the West and Northwest, complain about the presence of odors Offensive, especially in summer times; The second is that according to the land use projections the properties adjacent to the EDAR are intended for urban expansion considered in the Territorial arrangement planning POT 2015 of the municipality of Retiro, this shows that although a good operation is being carried out at the plant Preventive and corrective measures must be taken to overcome the problems of operation of the same and be prepared for the increasing demand of organic matter and other substances in the tributary to be treated.

This aspect of urban growth is of great importance for the environmental authority and the Empresas Pùblicas de Medellín (EPM), as the effluent of the El Retiro EDAR is incorporated into the Pantanillo River, which is one of the tributaries of the La Fe reservoir, Water that is treated and potabilized and then supplied to most of the inhabitants of the city of Medellín and other municipalities of the Valley of Aburra.

Given the above, it is proposed the construction of stratified windbreaks and new practices in the operation of the plant by the operators.

Key Words: Residual water, biosolids, odor control, tree barriers, good operational practices.

INTRODUCCIÓN

Los olores ofensivos emitidos por las plantas de tratamiento de aguas residuales son sin duda alguna, una molestia para las comunidades aledañas y para el personal que la opera, es por ello que el Ministerio de Ambiente por medio de las Corporaciones Autónomas Regionales, adoptan protocolos para el monitoreo, control y vigilancia de Olores ofensivos establecidos en la Resolución 1541 del 12 de noviembre del 2013 (Noyola, 2013).

La planta de tratamiento de agua residual del Retiro Antioquia, genera en especial en épocas de verano y a través de sus diferentes procesos, olores ofensivos, que se dispersan por la acción del viento a lugares aledaños causando molestias no solo a sus vecinos sino también a los operarios y demás personal de la planta.

En este sentido, el consecutivo trabajo presenta una investigación de tipo descriptiva cualitativa, donde a través de encuestas a la comunidad aledaña y a los operarios de la PTAR se evalúa el nivel de molestia por olores y aspectos de manejo de la planta, se investiga las características de diseño de la planta, los puntos de mayor generación de olores, el direccionamiento de los vientos y las quejas reportadas por la comunidad.

De esta forma y con base en los resultados del diagnóstico, se realiza una propuesta basada en mejores prácticas operacionales en la planta de tratamiento de aguas residuales El Retiro y la implementación de cercas vivas estratificada de tipo cortavientos, las cuales harán el proceso de mitigación de olores ofensivos y mejoramiento paisajístico.

1. JUSTIFICACIÓN

Uno de los principales Objetivos de Empresas Públicas de Medellín (EPM) y su filial Aguas de Urabá en el tratamiento del agua residual del Municipio del Retiro, es producir un efluente reutilizable y amigable con el ambiente receptor y un residuo sólido o biosólido apropiado para su disposición y uso final.

Sumado a lo anterior se debe tener en cuenta que el efluente de la PTAR El Retiro es vertido al río Pantanillo, el cual surte de agua la represa La Fe y esta a su vez suministra el agua que será tratada y luego potable para los habitantes de la ciudad de Medellín y otros municipios del Valle de Aburra, se debe considerar nuevas o diferentes prácticas para el tratamiento del agua residual acordes al creciente caudal y cantidad de materia orgánica e inorgánica entrante a la planta, con el propósito de generar mínimamente olores ofensivos y sobretodo un efluente de excelente calidad; que permitan a su vez cumplir la normatividad ambiental vigente contemplada en el Decreto 958 de 1995 del Ministerio del Medio Ambiente la cual establece la protección y control de la calidad del aire (Min. Ambiente, 2014).

Es por ello que el presente trabajo aporta acciones al manejo y control de olores ofensivos que se generan en los diferentes procesos de la planta esto se logra con el aporte de acciones o buenas practicas operacionales al sistema de tratamiento de aguas residual y la estimación por medio de encuestas del nivel de molestia por olores ofensivos de los vecinos de la PTAR; otro aspecto a considerar es que de acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial (POT) 2015 del municipio de El Retiro (ver mapa anexo A), el uso del suelo de las áreas contiguas a la PTAR está proyectado para ser expansión urbana, en este sentido el presente proyecto permite argumentar los siguientes logros:

Dimensión Económica: Al proponer acciones eco-eficientes y efectuar nuevas y mejores prácticas operacionales además de fortalecer sistemas de cercas vivas que involucren estructuras de cortavientos y aromatizantes y por ende sistemas de adsorción; se disminuirán las quejas lo cual traduce en la buena imagen de la empresa y prevención de posibles sanciones por parte de la autoridad ambiental, de igual forma pueden estas acciones aportar a la preparación de la planta

un incremento de mayor materia orgánica entrante a la planta por el aumento demográfico que puede presentar la zona.

Dimensión Ambiental: Partiendo de la visión y la política de sostenibilidad en la que se direcciona Empresas Públicas de Medellín E.S.P. ante el país y el mundo, en donde se compromete a prevenir, mitigar, minimizar o compensar los impactos ambientales negativos que se generan con el desarrollo de sus actividades; desde el punto de vista del manejo y control de olores en la PTAR el Retiro, este permite el procesamiento de olores ofensivos para la salud en el sentido de que se evita la emisión de gases de efecto invernadero hacia la atmosfera.

Dimensión Social: Este proyecto representa un impacto positivo sobre la comunidad, la identificación de las acciones a tomar y su respectiva aplicación, la comunidad en especial los vecinos de la porción occidental y noroccidental de la PTAR podrán tener mejor calidad de vida en el sentido de que los olores ofensivos serán pocos casi que nulos, lo cual hará de su lugar de residencia o de recreo un espacio agradable y satisfactorio para habitarlo; además de que esta iniciativa estará acorde con las políticas de Calidad de Vida de la empresa epm.

Otro aspecto del cual se soporta la importancia social de este proyecto, es que permite a EPM mostrarse como un modelo a seguir por parte de otras organizaciones prestadoras del servicio de tratamiento de agua residual, en especial de aquellas que tienen instalaciones convencionales, como se presenta en la gran mayoría de los diferentes municipios en todo el territorio Colombiano.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una propuesta para la implementación de acciones eficientes y económicas, para el manejo y control de olores ofensivos en la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, El Retiro Antioquia.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar los procesos y la vegetación existente de la PTAR El Retiro Antioquia.
- Identificar los puntos de máxima emisión de olores ofensivos en la planta.
- Establecer el nivel de molestia por olores ofensivos en la comunidad y operarios de la PTAR El Retiro Antioquia, por medio de encuestas.
- Analizar y evaluar resultados arrojados por las encuestas.
- Elaborar una propuesta de instalación de barreras arbóreas estratificadas tipo cortaviento, que integren aspectos económicos, ecológicos, paisajísticos, duraderos y eficientes teniendo en cuenta las necesidades y también las limitantes para no entorpecer los procesos de la planta.
- Elaborar una propuesta de buenas prácticas operacionales para mejorar la eficiencia y calidad los diversos procesos llevados a efecto en la PTAR el Retiro.

3. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

3.1. SUSTANCIAS GENERADORAS DE OLORES OFENSIVOS

Se requieren tan solo pequeñas cantidades, es decir bajas o muy bajas concentraciones para que sean percibidos los malos olores por la nariz; estos olores generalmente tienen compuestos volátiles de azufre, así como también compuestos aromáticos orgánicos como ácidos grasos, en la tabla 1 se asocian las sustancias generadoras de olores en las plantas de tratamiento de agua residual (Morgan, 2013).

Tabla 1. Aspectos ambientales de las sustancias asociadas a olores ofensivos de las PTARS

Grupo	Nombre de la sustancia	Aspectos Ambientales
Sulfuros	Ácido Sulfhídrico H ₂ S	Una vez liberado al ambiente, el ácido sulfhídrico en la atmósfera se comporta como cualquier otro contaminante y es dispersado y eventualmente removido. Los tiempos de residencia en la atmósfera están por encima de 40 días, dependiendo del clima, latitud y condiciones atmosféricas.
	Sulfuro de Dimetilo C ₂ H ₆ O ₄ S	El sulfuro de dimetilo liberado al ambiente de fuentes de contaminación tales como aguas residuales, rellenos sanitarios, etc. se metaboliza a dióxido de carbono y metano en aproximadamente 8 horas; por ser un compuesto inestable es poco factible su acumulación en el aire, agua o suelo.
	Dicloruro de Azufre SCl ₂	El dicloruro de azufre es muy tóxico para los organismos acuáticos. Se debe evitar que esta sustancia se incorpore al ambiente.
Mercaptanos	Metil Mercaptano CH ₄ S	El metil mercaptano es liberado al aire tanto de fuentes naturales como industriales. La luz solar puede degradarlo a otras sustancias. La mayoría del metil mercaptano liberado al ambiente pasa al aire. El metil mercaptano puede formarse en el agua por reacciones químicas. Se ha encontrado metil mercaptano en por lo menos 2 de los 1.300 sitios de la Lista de Prioridades Nacionales identificados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA).
	Etil Mercaptano C ₂ H ₆ S	Esta sustancia es altamente tóxica. Una concentración de 20 ppm en el agua puede causar la muerte de los peces en 2 - 3 minutos. El nivel de umbral estimado en el agua que puede contaminar la carne de pescado y otros organismos acuáticos se calcula en 240 µg/l. Este material no es fácilmente biodegradable y tiene una vida media en el aire de 4,8 horas. La vida media de evaporación es de 2,5 horas en río, a 29 horas en estanque.
	Propil Mercaptano	No se han investigado los efectos de esta sustancia sobre el medio ambiente adecuadamente.
Gases derivados del Nitrógeno	Amoniaco NH ₃	No permanece mucho tiempo en el ambiente. Es incorporado rápidamente por las plantas, las bacterias y los animales; no se acumula en la cadena alimentaria, pero sirve como alimento para plantas y bacterias.
	Metil Amina CH ₅ N	Esta sustancia puede ser peligrosa para el ambiente; debería prestarse atención especial a los peces

Fuente: (Min de Salud y Protección Social; Organización Panamericana de la salud, 2012)

3.2. CAUSAS Y MEDIDAS PREVENTIVAS PARA EL CONTROL DE OLORES EN LAS PTARS

Díaz & Gonzales establecieron que los olores ofensivos en Las PTARS, se generan principalmente por dos causas, la primera, diseños mal estructurados en lo referente a dimensiones inadecuadas de canales y tanques de aireación, de sedimentación o cloración; carga orgánica elevada para su tamaño, instalaciones de secado de lodos descubiertos e insuficientes y procesos fisicoquímicos y biológicos no funcionales para la cantidad y tipo de contaminantes (Díaz, 2012).

La segunda causa, se refiere a errores o deficiencias humanas en la operación de plantas, contribuyendo al represamiento de lodos por tiempo prolongado o tiempos cortos, poca limpieza en rejillas, válvulas, tanques, mal almacenamiento de lodos, pH inadecuado en el agua tratada lo que permite el desprendimiento de ácido sulfúrico, presencia de compuestos tóxicos que puedan generar pérdida de bacterias en los reactores, entre otros (Díaz, 2012).

Considerando lo anteriormente señalado, los principales esfuerzos, para el control de olores en las PTARS, inician desde la construcción de los diseños de plantas eficientes acordes con la cantidad y nivel de contaminación del agua y el adecuado manejo de la planta por parte de los operarios; sin embargo la realidad nos demuestra que en muchas ocasiones, las PTARS pueden contar con un diseño adecuado, pero su operación no es la mejor y viceversa generando olores ofensivos y molestias a los habitantes más cercanos a las PTARS (Nelson, 2003).

Las buenas prácticas operacionales dentro de una PTAR previenen la generación de gases ofensivos, entre ellas se identifican, la limpieza frecuente de rejillas o colectores, la purga de lodos en los clarificadores, los adecuados niveles de lodos que garanticen la cantidad suficiente de bacterias para la degradación de la materia orgánica, el suficiente conocimiento de parámetros de diseño de la planta por parte de los operarios como por ejemplo, el caudal, la edad de lodos, concentración de Sólidos Suspendidos Totales (SST), volumen de cada tanque, tiempo de

retención hidráulica y porcentaje de remoción de la planta, entre otros; esto garantiza una óptima operación y una mínima generación de olores (González, 2013).

Otras prácticas para la prevención en generación de olores, son hidrolavados a presión para remover grasas y materia orgánica en los tanques y la recolección diaria de los residuos sólidos por parte de la empresa prestadora del servicio de aseo para su disposición final (González, 2013).

3.3. NORMATIVIDAD AMBIENTAL

La calidad del aire, se ha transformado en un asunto de gran importancia para el bienestar social y psicológico de las personas, así como para la conservación del mismo y la gestión ambiental, con una relevancia comparable a las problemáticas sociales y económicas, lo cual se evidencia en la formulación y aplicación de leyes referentes al control de la producción y manejo de olores ofensivos a nivel nacional e internacional (Min de Salud y Protección Social; Organización Panamericana de la salud., 2012).

3.3.1. Normatividad nacional

En Colombia, el Decreto 958 de 1995 del Ministerio del Medio Ambiente establece la protección y control de la calidad del aire. Se anuncia en el Artículo 5 de este decreto, las diferentes clases de normas y estándares para la protección de la calidad del aire, entre los que se encuentra *la norma de evaluación y emisión de olores ofensivos*, donde se especifica que “*Cada norma establecerá los estándares o límites permisibles de emisión para cada contaminante, salvo la norma de evaluación de olores ofensivos, que establecerá los umbrales de tolerancia por determinación estadística*” (Min. Ambiente, 2014).

En el Artículo 20 de esta misma norma se establece la prohibición del funcionamiento de establecimientos que generen olores ofensivos, especialmente en zonas residenciales, y les da facultad a las Corporaciones Autónomas Regionales en las zonas urbanas de determinar las

reglas y condiciones de aplicación de las prohibiciones y restricciones al funcionamiento, en zonas habitadas y áreas urbanas, de instalaciones y establecimientos comerciales e industriales generadores de olores ofensivos (MADS, 2013).

Es por ello, que el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, ha establecido lineamientos y criterios para vigilar, controlar y monitorear la emisión de olores ofensivos de forma objetiva que permita valorar las diferentes problemáticas que se presentan en el país por medio de la resolución 1541 del 12 de Noviembre del 2013, la cual expide en el capítulo III los niveles permisibles de calidad de aire o de inmisión de sustancia y mezclas de sustancias de olores ofensivos para las PTARS (Ver tabla 2), teniendo como principal sustancia generadora de olores ofensivos el sulfuro de hidrogeno (H_2S) (MADS, 2013).

Tabla 2. Niveles máximos permisibles de sustancias ofensivas generadas en Las PTARS

Sustancia	Niveles máximos permisibles	
	$\mu g/m^3$	Tiempo de exposición
Sulfuro de hidrogeno (H_2S)	7	24 horas
	30	1 hora
Azufre total Reducido (TRS)	7	24 horas
	40	1 hora
Amoniaco (NH_3)	91	24 horas
	1400	1 hora

(MADS, 2013)

Actividad	Nivel permisible*
Planta de tratamiento de aguas residuales	3 OU_E/m^3

Fuente: (MADS, 2013)

Los anteriores valores se establecen para una temperatura ambiente de $25^\circ C$ y presión de 760 mmHg (MADS, 2013).

* OU_E/m^3 : Unidad de Olor Europea por metro cúbico.

De esta forma, el monitoreo, control y vigilancia de olores ofensivos planteado en la Resolución 1541 de 2013, considera dichas condiciones para la valoración de la problemática con el objetivo último de articular las acciones implementadas por las actividades generadoras encaminadas a la prevención y minimización de los impactos ambientales (Min. Ambiente, 2014).

En este mismo sentido, la resolución 1541 del 2013 también establece una herramienta que permite minimizar los posibles sesgos en las quejas, se aplica una encuesta estandarizada que corresponde a la Norma Técnica Colombiana NTC 6012-1 llamada “Efectos y evaluación de los olores - Evaluación sicométrica de las molestias por olores”; la cual describe métodos de investigación para establecer los niveles de molestia existente, para lo cual incluye una población control, determina herramientas para estimar áreas de población afectadas y comparar resultados de modelos de dispersión con la realidad descrita por la población (Idem).

El propósito de la NTC 6012-1 consiente en obtener un panorama objetivo de una presunta problemática por olores, así como la evaluación de la eficacia de las medidas tomadas para la prevención y/o control de las emisiones; en este sentido, la norma explica de manera detallada los criterios a partir de los cuales se define la molestia desde lo fisiológico (el propio sentido del olfato) y lo subjetivo (la interpretación asociada a recuerdos y emociones) (ICONTEC, 2013).

Por su parte el Ministerio de Salud y Protección Social en conjunto con la Organización Panamericana de la Salud elaboraron los lineamientos para la vigilancia Sanitaria y Ambiental del Impacto de los olores ofensivos en la salud y calidad de vida de las comunidades expuestas en áreas urbanas (Min de Salud y Protección Social; Organización Panamericana de la salud., 2012).

Por último, la resolución 1541 en el Capítulo 5 establece el (PRIO) como El Plan Para La Reducción Del Impacto Por Olores Ofensivos, que lo solicitará la autoridad ambiental competente en caso de que ella lo considere necesario; después de evaluar las posibles quejas que se generen por la molestia por olores (Min. Ambiente, 2014).

3.3.2. Normatividad internacional

A nivel internacional las normas presentan el marco legal en el que se deberían desarrollar las actividades de vigilancia sanitaria y ambiental de los impactos en la salud y la calidad de vida de las personas expuestas a olores ofensivos e identificar los actores y competencias legales de cada uno de ellos; los países más avanzados con el tema de olores ofensivos en Europa son Holanda, Alemania y el Reino Unido, en Asia son China y Japón (Díaz, 2012).

En Alemania en el 2002 se emitió la Ley Federal de Inmisiones de Alemania y el proyecto-Décimo Reglamento para su implementación. Las leyes en olores tienen como objetivo principal la protección de las personas, animales y plantas; suelo, agua, atmosfera, bienes culturales y materiales, contra los efectos perjudiciales de la contaminación para evitar o reducir las emisiones al aire agua y tierra, para alcanzar una protección integral al ambiente, lo que significa que en las fases de los procesos productivos debe considerarse el ambiente como un todo evitando la contaminación de un medio a otro (Idem).

Para las medidas de olores en inmisión, Alemania estableció la norma VDI 3940 “Determinación of odorants in ambient air by field inspections” y los cuestionarios para determinar los efectos y evaluación de los olores y las evaluaciones psicométricas de las molestias por olores se establecen en la norma VDI 3883, en cada zona de estudio se hacen encuestas en las casas una por vivienda y con los resultados se identifican parámetros objetivos y cuantificables, que permiten estimar la molestia (Idem).

En Estados Unidos la ley de aire limpio (Clean Air Act- CAA) se enfoca de forma extensa y compleja, principalmente en la contaminación peligrosa del aire, en la que trata someramente la contaminación odorífica, es un extenso tomo que pasó de las 50 páginas en 1970 a 750 páginas en la actualidad (Díaz, 2012).

En México la ley que respalda el desarrollo sustentable y establece los puntos para garantizar el derecho de toda persona a vivir en un medio ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar es la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), esta

indica en el Artículo 5 que la regulación de la prevención de la contaminación es responsabilidad de la Federación; en el Artículo 7 decreta que “compete a los Estados la prevención y el control de la contaminación generada por la emisión de olores perjudiciales provenientes y el control de la contaminación generada por la emisión de olores perjudiciales proveniente de las fuentes fijas que funcionen como establecimientos industriales y fuentes móviles que no sean de competencia del distrito” (Idem).

China y Japón son los países más poblados del mundo, cuentan con una legislación ambiental en tema de olores bastante avanzada ya que las principales fuentes de quejas en relación con la molestia por olores ofensivos, parte de los habitantes de áreas residenciales, que poco a poco se acercan a áreas industriales tradicionales por la falta de terreno urbano y por ser estas zonas de precio más económico; fue entonces en 1971 donde se empezó a legislar en el tema control de olores ofensivos (offensive Odour Control Law) con la Ley 91 modificada por a Ley 71 del 1 de Junio de 1995 estableciendo dos métodos para determinar los olores ofensivos, donde cada localidad puede elegir el sistema que mejor se adapte a su geografía y población (Baena & Hernández, 2012)

3.4. MÉTODOS DE TRATAMIENTO PARA EL CONTROL DE OLORES

Existen muchos tratamientos y tecnologías para el control de olores en las PTARS, sin embargo, antes de seleccionar alguna de ellas es importante tener en cuenta que, cada planta es diferente y debe tener un estudio y análisis particular y específico, la solución puede ser una sola tecnología o la combinación de varias de ellas. Antes de elegir un tratamiento o tecnología, es importante identificar los niveles de eficiencia para disminuir olores, los consumos de energía, las ventajas y desventajas de cada tecnología, costos de operación, consumos de agua, insumos químicos y tipo mantenimiento (Escorial, 2009).

3.4.1. Biofiltración

Los biofiltros están diseñados, para la descomposición especialmente del Ácido Sulfhídrico H_2S y otros compuestos reducidos del azufre presentes en el aire, un biofiltro es un dispositivo que contiene un espacio de entrada de olores ofensivos, seguido de un lecho de material orgánico que puede ser compost, astillas de madera, fibra de coco, corteza de árboles o turba mezclados con material inorgánico como grava que permiten mantener la porosidad para el flujo continuo del aire; esta biomasa debe mantenerse con una humedad adecuada para garantizar la vida microbiana la cual es inoculada y vigilada previamente para su auto adaptación en el filtro, la comunidad microbiana crecerá con las sustancias brindadas con la corriente de aire contaminado (Envitech, 2015).

Los biofiltros, cuyo lecho está compuesto por turba, garantizan un buen funcionamiento de 10 años sin cambio de la biomasa, sin embargo, los costos son más altos que los biofiltros con lechos de compost que garantizan un óptimo funcionamiento de 5 años. En cuanto al diseño y características de los biofiltros estos deben de tener un pH sobre 7, un contenido de humedad de 40%, una temperatura preferiblemente de $20^{\circ}C$ y humedecer el aire antes de filtrar, los biofiltros deben oscilar entre uno y dos metros para garantizar la humedad y el flujo del aire; esto también depende del lecho orgánico e inorgánico y de las características del aire a tratar (ídem).

Por último, si el aire contaminado presenta temperatura mayor a $40^{\circ}C$ se debe hacer un tratamiento previo para reducir la T° , de igual forma es necesario tener en cuenta la presencia de material particulado ya que este puede taponar el lecho del biofiltro por lo que se pueden remover por sedimentación o por Venturi (Idem).

Un biofiltro no requiere de altos consumos de energía y puede eliminar diversos compuestos tóxicos; para su construcción no requiere de altos costos con respecto a los tratamientos fisicoquímicos, ni de personal altamente calificado para su mantenimiento, además se adapta fácilmente si se presenta variación en la cantidad y tipo de contaminante (Martel, 2013).

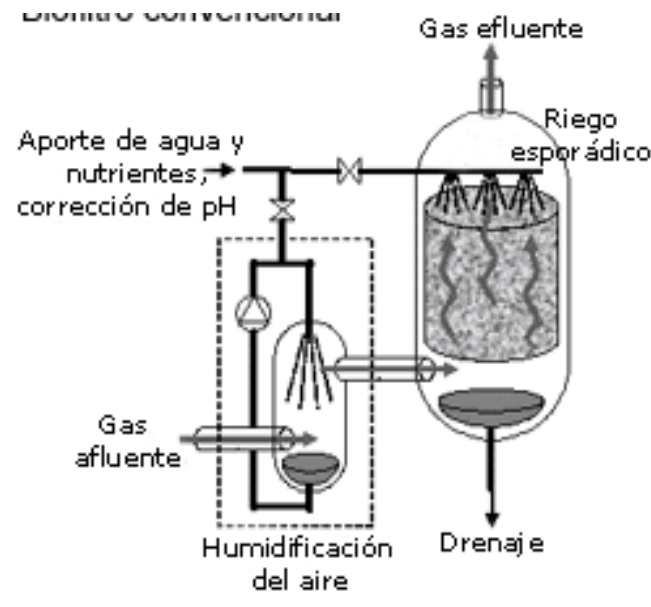


Figura 1. Biofiltro convencional

Fuente: (Francés X, 2008)

3.4.2. Biolavadores

En estos sistemas el gas a tratar entra por la parte inferior de un tanque donde hay agua en aspersion y material inerte (pueden ser esferas de material inerte parecido al caucho), donde se adsorberán o disolverán en el agua los compuestos indeseables del gas, posteriormente el agua se trata para su degradación bilógica por medio de un sistema de lodos activados o bien puede ser tratada en un reactor con material inerte con una película biológica que acaba con el contaminante. Los biolavadores son más costosos que los biofiltros ya que estos requieren de una estructura para la descontaminación del agua (Envitech, 2015).

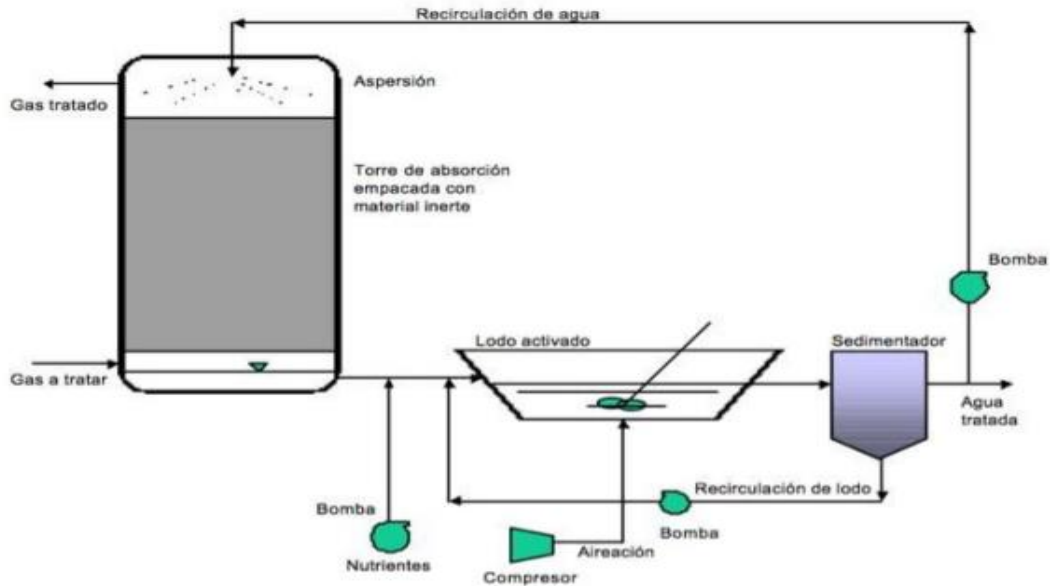


Figura 2. Biolavador.

Fuente: (Álvarez R, 2015)

3.4.3. Depurador de lecho empacado

Consiste en la aspersión de un líquido lavador oxidativo como el hipoclorito de sodio en un lecho inerte como plástico en forma de esferas que tienen un área superficial extensa, el aire contaminado ingresa a la capsula en dirección contraria al flujo líquido y el ácido sulfhídrico es degradado mediante el efecto oxidante del hipoclorito de sodio. La ventaja de este sistema es que permite tratar grandes cantidades de olores con gran intensidad, sin embargo, pueden resultar costoso ya que requiere bombas, compresores, válvulas, inyectores para la aspersión del oxidante y los sensores de pH y del potencial de reducción. Este sistema es utilizado actualmente en PTAR San Fernando de Medellín para el control de olores ofensivos (Walker, 2000).



Figura 3. Depurador de lecho empacado PTAR San Fernando

Fuente: La Autora

3.4.4. Filtros de carbón activo

El carbón Activo es por excelencia un sólido adsorbente de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) gracias a su alta superficie específica que permite un amplio contacto entre el aire contaminado y la superficie adsorbente. Los filtros de carbón activado, permiten la neutralización rápida de contaminantes, pues el aire contaminado es introducido por la parte inferior de una capsula llena de carbón activo donde todos los contaminantes son retenidos en el carbón saliendo por la parte superior el aire limpio; ante una disminución sustancial de la adsorción del carbón activo, éste debe ser regenerado mediante la pirolisis (Nelson, 2003).

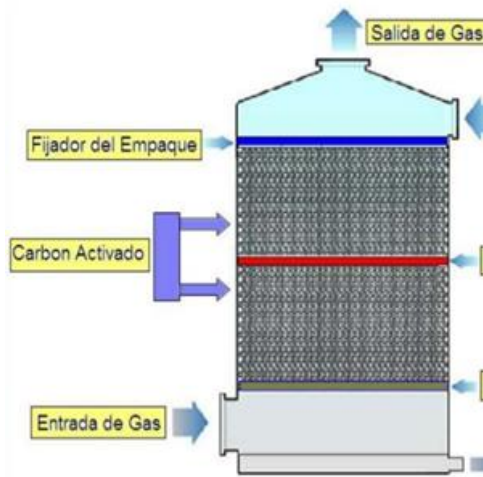


Figura 4. Filtros de carbón activo.

Fuente: (Envitech, 2015)

3.5. OLORES OFENSIVOS

El olor, es percibido por el cerebro como una respuesta a las sustancias volátiles en el aire que respiramos, de este modo, el olor es uno de los efectos que las sustancias provocan en el cuerpo. El olfato es el sentido encargado de detectar y procesar los olores, es muy sensible en los humanos y se puede detectar en concentraciones muy bajas para una sustancia en particular o para la mezcla de ellas.

Los olores ofensivos provocan dos comportamientos típicos en los seres humanos: Alejarse de la fuente que causa los estímulos negativos o modificar sus comportamientos para sobrellevar el problema. Cuando el olor es repetitivo puede afectar el bienestar de las personas aun en niveles de exposición muy por debajo de los que podrían provocar efectos fisiológicos y patológicos (Universidad Pontificia Bolivariana, 2010).

En este sentido, la respuesta de un individuo a un olor es subjetiva y su evaluación depende de diversas situaciones como:

- Un olor puede estar compuesto de una sola sustancia o de una combinación de sustancias.

- El diluir la mezcla que produce el olor puede cambiar sus características y por tanto, la manera como se percibe, ya que los componentes individuales pueden caer por debajo del umbral.
- En combinación con otras sustancias, el olor característico de una sustancia puede ser modificado e incluso irreconocible.
- Una sustancia o mezcla de sustancias puede resultar agradable al olfato mientras está diluido pero desagradable cuando se concentra.
- Un olor que resulta agradable o aceptable para un individuo, puede no serlo para otro, ya que pueden tener diferentes sensibilidades.

La ofensividad de un olor radica en si causa molestia a los sentidos de las personas, daños sobre la salud o el ambiente, este concepto es importante comprenderlo para la correcta implementación de la normatividad de olores.

Existen diversos factores que influyen en la percepción de un olor, se pueden citar la subjetividad del receptor, la dispersión del olor debido a las condiciones meteorológicas locales y variaciones en la generación del olor a causa de las materias primas y las operaciones del proceso (Universidad Pontificia Bolivariana, 2010).

Se citan a continuación las características que se deben tener en cuenta para la evaluación de la ofensividad de un olor:

- Frecuencia: Se refiere a que tan a menudo ocurre la exposición.
- Intensidad: Es la percepción de que tan fuerte es el olor.
- Duración: Tiempo de exposición al olor.
- Ubicación: Hace referencia al tipo de receptores (viviendas, parques, áreas de especial sensibilidad, entre otros).
- Carácter: Permite describir y diferenciar cualitativamente los distintos olores, incluso de igual intensidad.

3.6. EFECTOS SOBRE LA SALUD

En la actualidad no se ha establecido una relación directa entre el olor de las sustancias y su toxicidad, se han visualizado respuestas fisiológicas del sistema nervioso central o periférico causadas por la percepción de olores; sin embargo, puede haber efectos crónicos en la salud por la exposición a sustancia en bajas dosis.

Se puede presentar la fatiga olfativa o fatiga al olor en una persona, por la exposición frecuente a un mismo olor, esta puede ser de corto o largo tiempo, a corto tiempo en cuestión de horas o minutos se recupera el olfato, cuando es un efecto a largo tiempo es decir semanas o meses, se necesita de un descanso también de meses para recuperar la sensibilidad.

Otros síntomas experimentados por las personas expuestas a los olores ofensivos son vómito, problemas respiratorios, náuseas, fatiga, ardor en ojos, nariz y/o garganta, cefalea, diarrea, entre otros todo depende la naturaleza y características físicas y químicas de las sustancias y del tipo de exposición (Díaz, 2012).

4. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Sin duda alguna, las plantas de tratamiento son sistemas para descontaminar y por lo tanto, benéficas al medio ambiente. Sin embargo, si no son adecuadamente conceptualizadas, diseñadas, mantenidas y operadas, pueden convertirse en elementos con alto impacto ambiental (Noyola, 2013).

Dado lo anterior, en la planta de tratamiento de aguas residuales del Municipio de El Retiro, se procura por llevar a efecto procesos acordes con el diseño de la planta, sin embargo, se generan olores causados por los procesos de descomposición del material orgánico contenido en el agua residual, proveniente del casco urbano del Municipio; como producto de los procesos de descontaminación del agua residual, están los lodos y residuos sólidos, que son almacenados para su posterior uso o disposición final; la generación de olores y su dispersión por acción de las corrientes de viento, afecta a los pobladores vecinos del Occidente y Nor-Occidente de la planta, lo que conlleva a un ambiente no agradable para la habitación (Quijano, 1986).

Otro factor a considerar y que se puede tornar como una problemática, es que teniendo en cuenta el Plan de Ordenamiento Territorial 2015 del Municipio El Retiro, el uso del suelo contiguo a la planta se establece para la expansión urbana, lo cual representará una mayor carga orgánica para la planta de aguas residuales (Alcaldía Municipal El Retiro Antioquia, 2015).



Figura 5. Expansión urbana, construcción de apartamentos al frente de la PTAR El Retiro.

Fuente: La Autora

De acuerdo a lo anterior, existe la necesidad de buscar estrategias centradas en optimizar la operación en los diferentes procesos de la PTAR, con alternativas que apunten a mejorar su eficiencia y a evitar o mitigar la generación de los olores ofensivos y a su vez estén alineadas con la normatividad ambiental vigente, que establece como eje central, su compromiso con el cuidado del ambiente y la integridad de la salud y calidad de vida de los habitantes cercanos; integrados con los aspectos económicos y socio-culturales.

Es por estos factores y consideraciones, que se presenta la siguiente pregunta: ¿Qué acciones y/o estrategias viables, económicas y eficientes; se pueden implementar en La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales El Retiro, para mitigar la generación y expansión de los olores ofensivos a sus alrededores?

4.1. ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO PTAR EL RETIRO

4.1.1. Tratamiento primario: Cribado, bombas de agua cruda, tanque de almacenamiento de excesos y desarenador

Las aguas residuales en la PTAR El Retiro Antioquia, son captadas por medio de un sistema tuberías de alcantarillado de tipo combinado, sistema que conduce y descarga el agua servida en el costado sur de la P.T.A.R El Retiro (Ver Anexo B Esquema estructural de la PTAR); por medio de una cámara de derivación que posee dos compuertas una de 24” y otra de 15” de diámetro para controlar el flujo del agua hacia la planta (Ver figura 3) (Quijano, 1986).



Figura 6. Cámara de derivación principal

Fuente: (La Autora)

Inicialmente el caudal promedio de agua entrante a la planta, es de 22 l/s, ésta es conducida a un sistema de cribado compuesto por dos rejillas, donde son retenidos alrededor de 6 Kg de residuos sólidos en el día, como palos, piedras, pañales, toallas higiénicas, animales muertos, entre otros objetos; la PTAR cuenta con dos cámaras de cribado y mientras una está en funcionamiento la otra es limpiada manualmente (ídem).

Después del cribado, el agua cruda pasa a dos motobombas tipo tornillo de Arquímedes con capacidad para elevar 38 l/s a 5,2 m (Ver figura 4) el agua pasa a un desarenador ubicado a 2 m del suelo, para darle flujo por gravedad al agua, en lo que resta del proceso de limpieza; existen dos pequeños desarenadores de 3.8 m de longitud, 0.7m de ancho y 0.75 m de profundidad donde se retienen partículas de arena menores a 2 mm, el funcionamiento de los desarenadores es alterno es decir, mientras uno está en servicio, el otro está sometido a limpieza, la arena removida se descarga por un ducto y cae al piso inferior, donde se recibe en carretillas.

Seguidamente, el agua avanza por una canaleta Parshall la cual afora el agua, que entrara a los dos sistemas de tratamiento biológico adoptados en la planta; de igual forma, bajo la canaleta se desprende una compuerta con su respectivo ducto con el propósito de dar retorno al agua cruda hacia un tanque de igualación o de excedentes de 280 m³, esto se hace en las mañanas donde el caudal del agua es mayor y excede el caudal promedio que puede tratar la planta; el agua del tanque de igualación es tratada en horas de la noche (ídem).



Figura 7. Bombeo del agua cruda bombas de Arquímedes.

Fuente: La Autora

4.1.2. Tratamientos secundarios procesos de lodos activados, clarificadores

El proceso de lodos activados es un método de tratamiento biológico, utilizado para remover la materia orgánica o la contaminación disuelta, este consiste en una masa de microorganismos (bacterias), acondicionadas al clima la cual entra en contacto con la materia orgánica contaminante y la consume; para que los microorganismos consuman la materia orgánica, se requiere de oxígeno el cual es suministrado por aireadores.

Teniendo en cuenta el punto anterior, los procesos biológicos utilizados para el tratamiento de aguas residuales son *Flujo de Mezcla Completa y Aireación Extendida*, éstos se llevan a cabo en tanques o reactores donde por medio de aireadores (Ver figura 5) se garantiza la mezcla homogénea de los lodos y el suministro de oxígeno a los mismos, cada método trata la mitad del caudal entrante a la planta, es decir, en los reactores de flujo de mezcla completa se tratan 11 l/s y en los reactores de aireación extendida se tratan los otros 11l/s; la eficiencia de los procesos varían del 80 al 90% , es decir por cada 100 kg se remueven entre 80 y 90 kg de materia orgánica (Quijano, 1986).



Figura 8. Aireadores en tanque de homogenización

Fuente: La Autora

El primero tratamiento, *Flujo de Mezcla Completa*, consiste en descargar el agua en dos reactores de 5.6 m de lado por 3.5 m de profundidad, los aireadores rotaran a una velocidad de 100 RPM, las características de diseño de este sistema son las presentadas en la tabla 3.

Tabla 3. Características de diseño de reactores flujo de mezcla completa

Parámetro	Valor
DBO ₅ del afluente	241.8 mg/l
Caudal diseño Q	11 l/s
Tiempo de retención de lodos (edad de lodos)	8 días
Concentración de sólidos suspendidos totales	4162 mg/l
Volumen del tanque de aireación	210 m ³
Tiempo de retención hidráulica	5,3 horas
Solidos totales de exceso	109 kg/día
Relación alimento/masa de microorganismos F/M	0,38 d ⁻¹

Fuente: (Quijano, 1986)

El segundo tratamiento *Aireación Extendida* consiste en un tanque de forma elíptica con un tramo de pared recto en el centro y dos semicírculos en los extremos, también cuenta con un aireador mecánico con un motor de 24 HP y 100 RPM para garantizar la mezcla del agua cruda entrante, con los lodos activados y el suministro de oxígeno, un aspecto importante en este reactor, es la capacidad para remover el nitrógeno en forma de nitritos y nitratos, el cual queda adherido en las paredes de los semicírculos del sistema; las características de diseño de este sistema son las siguientes:

Tabla 4. Características de diseño reactores de aireación extendida

Parámetro	Valor
DBO ₅ del afluente	134 mg/l
Caudal diseño Q	11 l/s
Tiempo de retención de lodos (edad de lodos)	20 días
Concentración de sólidos suspendidos totales	3858 mg/l
Volumen del tanque de aireación	430 m ³
Tiempo de retención hidráulica	10,9 horas
Sólidos totales de exceso	83 kg/día
Relación alimento/masa de microorganismos F/M	0,2 d ⁻¹

Fuente: (Quijano, 1986)

La planta cuenta con seis clarificadores de flujo ascendente, constituidos por una sección cuadrada en la parte superior de 6.5 m de lado y de forma pirámide invertida en la parte inferior de 4.5 m de profundidad, las paredes estarán a 60° de inclinación con respecto a la horizontal, por donde rodaran los lodos y serán sedimentados en la parte inferior de los clarificadores; éstos no cuentan con ningún tipo de equipos mecánicos para la remoción de lodos, pues son removidos del fondo a través de una tubería de 6" regulada por una válvula telescópica, los lodos pueden seguir dos recorridos, el primero retornar por medio de un sistema de tornillos de Arquímedes a los diferentes reactores o bien ser conducidos después de su maduración (8 días) al espesador de lodos.

En una canaleta perimetral de concreto será recogido el efluente clarificado, los clarificadores cuentan también con una lámina metálica para interceptar las natas y espumas evitando que salgan del efluente; las características de diseño de los clarificadores se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Características de diseño Clarificadores secundarios

Parámetro	Valor
Carga hidráulica superficial	40 m ³ /m ² /d
Flujo de solidos	150kg/m ² /d

Fuente: (Quijano, 1986)

Tres de los seis clarificadores recibirán la solución del tratamiento de mezcla completa y los otros tres, recibirán la solución del tratamiento aireación extendida, el agua clarificada será conducida por medio de un canal hacia un sistema de desinfección para ser vertida al río Pantanillo y seguir así su curso normal hacia la represa La Fe, de donde se toma el agua para abastecer gran parte de los habitantes del sur de la ciudad de Medellín.

Debido a que los reactores de lodos activados deben mantener una buena cantidad de microorganismos, parte de los lodos sedimentados en los clarificadores es devuelto al sistema por medio de bombas tipo tornillos, dos en operación y dos en reserva, cada una con una capacidad de 16 l/s a 4.7 m de elevación.

4.1.3. Tratamiento terciario: Tanque de cloración, tanques de espesado de lodos y lechos de secado

El agua proveniente de los clarificadores secundarios es conducida a una cámara de desinfección o tanque de cloración, donde se adiciona cloro, si es necesario, con un tiempo de contacto 75 minutos.



Figura 9. Tanque de Cloración

Fuente: La Autora

Por otro lado, la planta cuenta con dos tanques de espesado de lodos uno para cada tratamiento biológico, a cada uno de ellos llegan los lodos extraídos de los clarificadores y que no son retornados como “semilla de microorganismos” la estructura de estos tanques es similar a la de los clarificadores, su función es dar mayor concentración de lodos por medio de la gravedad, estos lodos ya más espesos, serán llevados por medio de motobombas centrífugas horizontal que succionan el lodo desde lecho de los espesadores hacia los lechos de secados, el agua resultante de este proceso retorna nuevamente hacia los clarificadores, las características de diseño de los tanques espesadores de lodos, son las siguientes.

Tabla 6. Características de diseño, tanque espesado de lodos

Parámetro	Valor
Carga hidráulica superficial	40 m ³ /m ² /d
Flujo de solidos	150kg/m ² /d
Concentración de lodos	22.500 mg/l

Fuente: (Quijano, 1986)

Los lechos de secado distribuidos en 14 celdas, consisten en un suelo de varias capas de grava de 0,2 m y una capa de arena de 0,33 m, éstas están cubiertas bajo techo tipo invernadero para garantizar la rápida deshidratación de los lodos que varía ente 4 a 8 días dependiendo del clima; después de ser deshidratados los lodos son organizados en pilas para su posterior distribución cada celda tiene 3m de ancho por 5 m de largo aproximadamente (ver figura10).



Figura 10. Lechos de secado.

Fuente: La Autora

5. METODOLOGÍA

El tipo de investigación para el presente trabajo es el descriptivo cualitativo, el cual abarca técnicas de recolección de información como la observación, entrevistas y cuestionarios; inicialmente se realiza una visita de observación a la PTAR El Retiro, la cual permite figurar términos específicos que caracterizan y describen las actividades desarrolladas en la PTAR El Retiro, se efectúa un reconocimiento de la infraestructura y los diversos procesos en el tratamiento del agua cruda, de igual forma se identifica el tipo de vegetación existente dentro y fuera de la planta y algunas condiciones topográficas como pendientes del terreno usos del suelo y áreas verdes libres en la PTAR.

5.1. ENCUESTA A LA COMUNIDAD

La norma NTC 6012-1 llamada “Efecto y Evaluación de Olores. Evaluación Sicosométrica de la Molestia por Olores”, es una herramienta, la cual describe métodos de investigación objetivos y confiables, para la determinación de la molestia potencial existente, debida a sustancias olorosas intensas y frecuentes, es decir determinar la relación entre la carga de olor ambiental y la molestia por olor (ICONTEC, 2013).

5.1.1. Modelo del cuestionario

A continuación, se realiza una encuesta a la comunidad aledaña (ver en Anexo C) basada en la norma NTC 6012-1 con el propósito de estimar el grado de molestia por olores ofensivos que puedan ser generados en la operación de la PTAR, se busca que la persona involucrada presente su propia valoración personal en una escala verbal numérica o gráfica (ICONTEC, 2013).

La encuesta relaciona inicialmente fecha de la encuesta, identificación del lugar de la persona encuestada es decir; vivienda, local comercial, estructura agraria o industria, seguidamente relaciona la distancia aproximada entre la PTAR y el lugar donde se encuesta la persona y por último la encuesta presenta siete preguntas acerca de la contaminación de la siguiente forma:

Pregunta 1. Tiempo de residencia o trabajo en la zona.

Preguntas 2 y 3: Preguntas sobre la situación general de contaminación y la sensación de molestias.

Preguntas 4 y 5: La intensidad y la frecuencia son calificados con descripciones verbales.

Pregunta 6: Se debe dar la relación de molestia ante los olores en una escala denominada termómetro, este tipo de respuesta es numérica.

Pregunta 7: Nivel de afectación en la residencia o local comercial.

5.1.2. Selección del área

El área seleccionada se determinó teniendo en cuenta factores que afectan la exposición de la PTAR las cuales son:

- *Tipo de fuente:* La PTAR El Retiro es un tipo de fuente puntual fija.
- *Altura de emisión de olores por encima del suelo:* Las estructuras donde se generan olores están entre los 1 y 5 metros.
- *Topografía:* Haciendo un trazado que coincida con la dirección predominante de los vientos es decir de Sur Este - Nor Occidente como se muestra en la figura se obtiene el perfil topográfico del suelo donde se muestra una elevación aumentando el grado de la pendiente, desde el centro es decir desde la PTAR El Retiro hacia la parte Nor Occidental del perfil (figura 11).

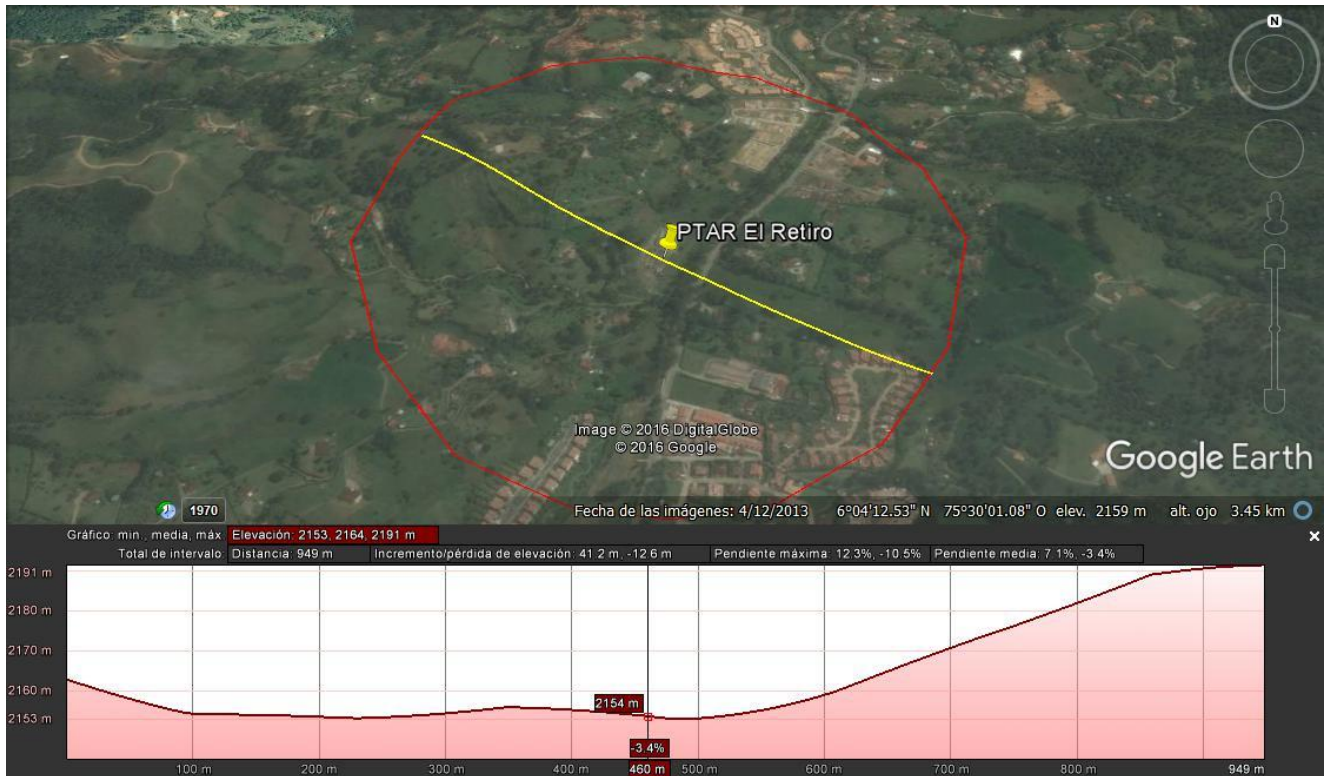


Figura 11. Vista aérea PTAR El Retiro, perfil del terreno SE-NW coincidiendo con la dirección anual predominantes de vientos.

Fuente: (Google Earth, 2013)

De este modo el rango del área seleccionada es de 500m de radio aproximadamente, con punto central en la PTAR El Retiro Antioquia; así la zona de estudio se presenta en la figura 12 delimitada por las líneas en rojo.

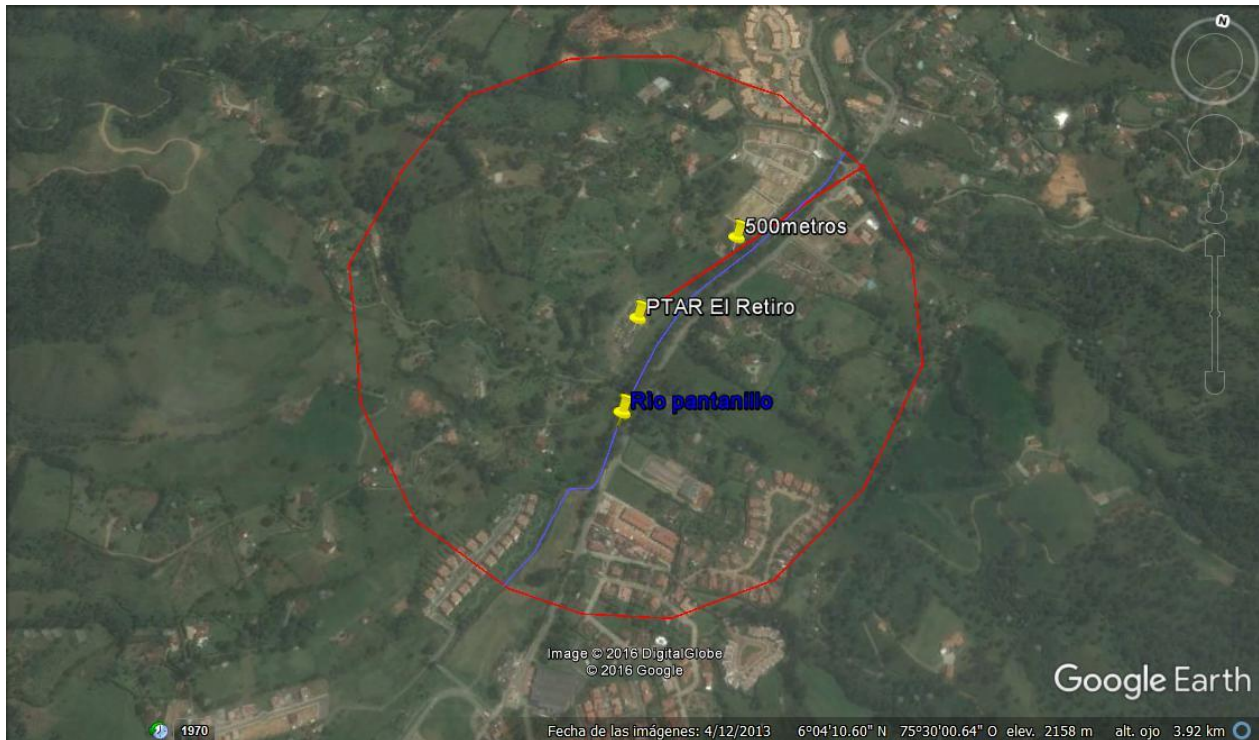


Figura 12. Zona de estudio cerca de la fuente aproximadamente 500 metros de radio.

Fuente: (Google Earth, 2013)

5.1.3. Tamaño de la Muestra

Debido a que es un estudio ambiental de molestia por olores, la población está dada en este caso por número de viviendas, locales comerciales e industrias localizadas en un radio de 500 metros; teniendo en cuenta la información suministrada por catastro municipal del Municipio El Retiro Antioquia, en el área de estudio se encuentran alrededor de 150 estructuras.

El cálculo del tamaño de la muestra cuando se conoce la población, se determina por medio de la siguiente ecuación:

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

Fuente: (Ochoa, 2013)

Dónde:

Z= nivel de confianza (95% =1,96)

N= población (150 entre viviendas locales comerciales e industrias)

P= probabilidad a favor (0.5)

q= Probabilidad en contra (0.5)

e= error de estimación (0.10%)

n= tamaño de la muestra

$$n = \frac{(1,96)^2 * 150 * 0,5 * 0,5}{(0,10)^2 * (150 - 1) + (1,96^2 * 0,5 * 0,5)}$$
$$n = \frac{144}{2,45}$$
$$n = 59$$

La muestra arroja un total de 59 encuestas con una confiabilidad del 95%

5.2. DESARROLLO DE LA ENCUESTA A LA COMUNIDAD ALEDAÑA A LA PTAR

Las encuestas a la comunidad aledaña se realizan de forma aleatoria una por vivienda, por industria o por local comercial, inicialmente se presenta el encuestador con un agradable saludo e identificado con su carnet estudiantil, se procede a explicar el propósito de la encuesta como *Un Estudio del Impacto Ambiental en la Zona* luego se pregunta a la persona sobre su autorización para realizar la encuesta, en caso afirmativo se procede con la encuesta, en el término de la misma se solicita una firma del encuestado en la parte inferior de la encuesta.

Se debe tener en cuenta que en el lugar existen fincas de recreo, las cuales hacen parte de un sistema privado de predios, también existen condominios privados donde no fue posible el ingreso para las encuestas.

Los indicadores a obtener y evaluar en las encuestas informan la frecuencia, intensidad, duración

y molestia por los olores ofensivos.

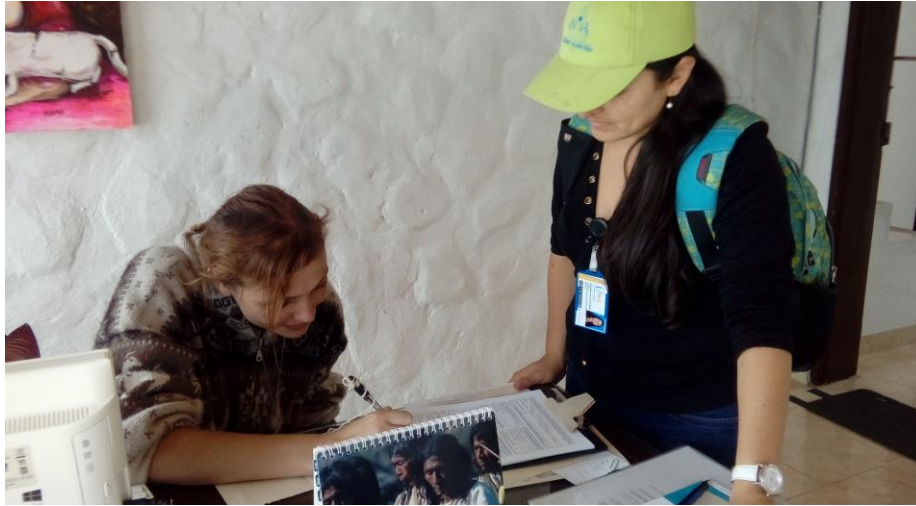


Figura 13. Encuesta a administradora del Centro de Bienestar Calma Espacio Para el Bienestar

Fuente: La Autora



Figura 14. Encuesta Mayordomo finca de recreo

Fuente: La Autora

5.3. RESULTADOS

5.3.1. Resultados encuesta a la comunidad aledaña a la PTAR El Retiro

Tabla 7. Distancia mínima y máxima de las encuestas con relación a la PTAR El Retiro

Distancia Máxima a la PTAR	470 m
Distancia Mínima a la PTAR	120m

Fuente: La Autora

Tabla 8. Distribución del tipo de establecimiento

Establecimiento	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %
Vivienda	35	59,32
Comercial	23	38,98
Industrial	1	1,69
Total	59	100,00

Fuente: La Autora

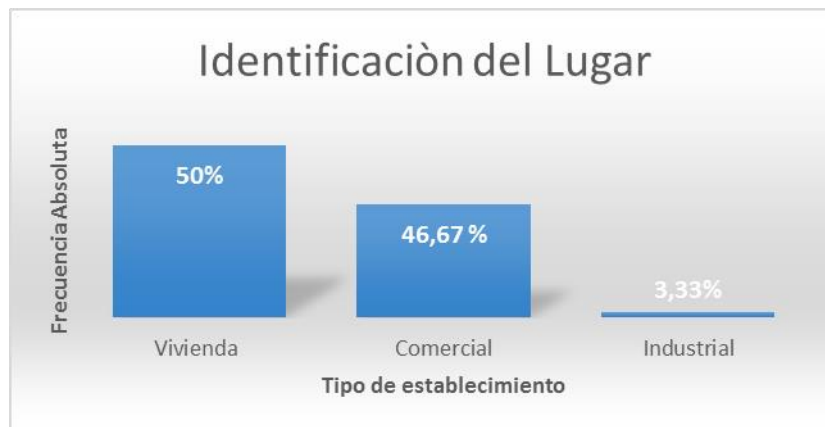


Figura 15. Distribución de identificación del lugar de la encuesta en la zona afectada

Fuente: La Autora

Tabla 9. ¿Hace cuánto reside o trabaja en la zona?

Zona de Estudio respuestas	Categoría	Frecuencia Absoluta
Entre 2 meses y un año	0	20
Entre 1 año y 5 años	1	22
Más de 5 años	2	17
Total		59

Fuente: La Autora

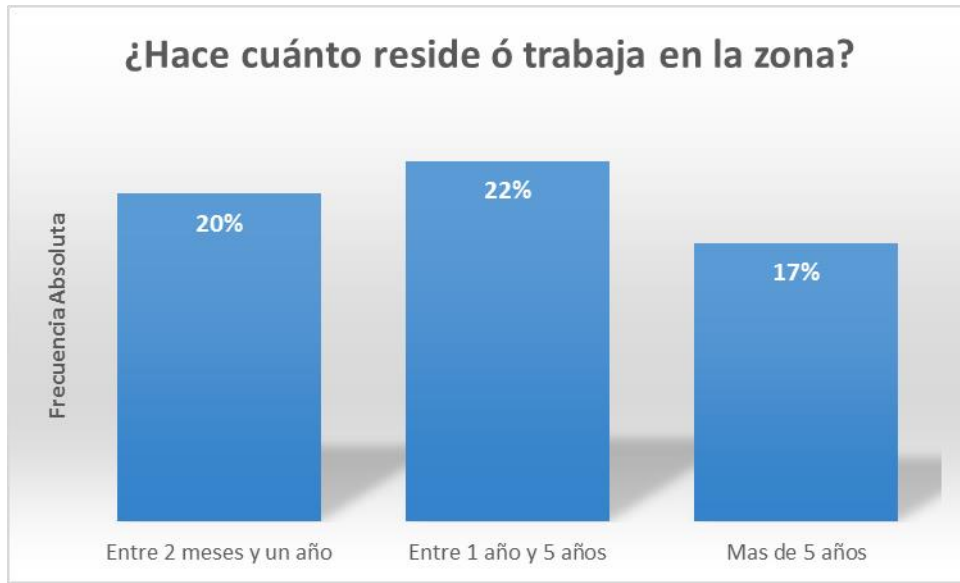


Figura 16. Distribución de tiempo de residencia o trabajo en la zona de estudio

Fuente: La Autora

Tabla 10. ¿Qué tan seria considera usted, la contaminación general en esta área residencial?

Zona de Estudio respuestas	Categoría	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %
Ninguna	0	11	18,64
Muy leve	1	23	38,98
Leve	2	13	22,03
Moderada	3	8	13,56
Grave	4	4	6,78
Muy grave	5	0	0,00
Intolerablemente Grave	6	0	0,00
Total		59	100,00

Fuente: La Autora



Figura 17. Distribución porcentual pregunta 2 de la encuesta a la comunidad

Fuente: La Autora

Tabla 11. ¿Cree usted que los residentes de esta vía, son molestados por la contaminación por olores?

Zona de Estudio respuestas	Categoría	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa%
Si	1	14	23,73
No	2	45	76,27
Total		59	100,00

Fuente: La Autora

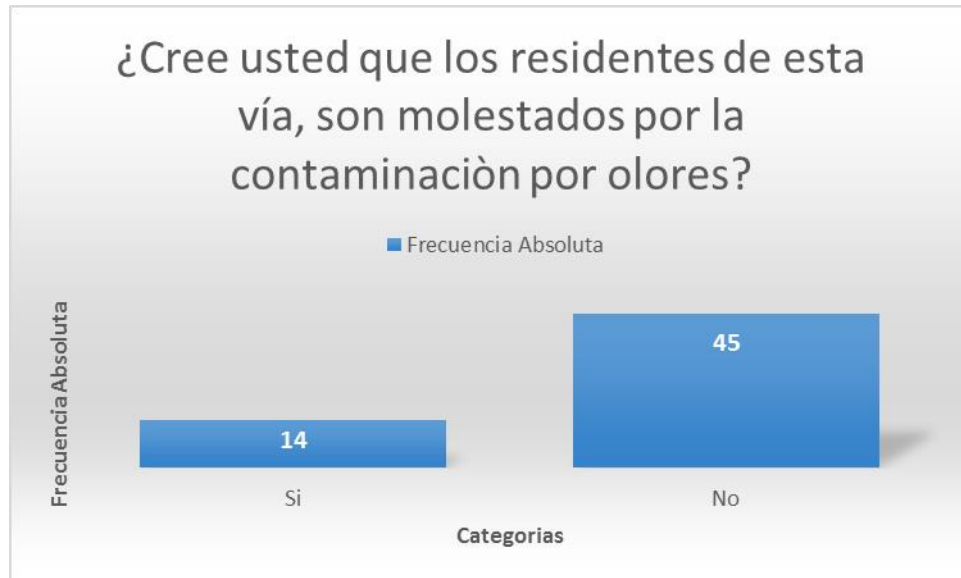


Figura 18. Distribución porcentual pregunta tres de la encuesta a la comunidad

Fuente: La Autora

Tabla 12. ¿Qué tan fuertes son los olores, fuera de la casa/en la calle?

Zona de Estudio respuestas	Categoría	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %
Imperceptible	0	13	22,03
Raramente imperceptible	1	19	32,20
Débil	2	13	22,03
Inconfundible	3	3	5,08
Fuerte	4	11	18,64
Muy Fuerte	5	0	0,00
Intolerablemente fuerte	6	0	0,00
Total		59	100,00

Fuente: La Autora



Figura 19. Distribución porcentual pregunta 4 de la encuesta a la comunidad

Fuente: La Autora

Tabla 13. ¿Con que frecuencia percibe malos olores?

Zona de Estudio respuestas	Categoría	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %
Nunca	0	9	15,25
Una vez por mes ò menos	1	22	37,29
Dos a tres veces por mes	2	13	22,03
Una vez por semana	3	7	11,86
Dos a tres veces por semana	4	7	11,86
Casi todos los días	5	1	1,69
Total		59	100,00

Fuente: La Autora



Figura 20. Distribución porcentual pregunta 5 de la encuesta a la comunidad

Fuente: La Autora

Tabla 14. Distribución de la molestia en escala de termómetro.

Categoría	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %
1	8	13,56
2	20	33,90
3	15	25,42
4	1	1,69
5	0	0,00
6	0	0,00
7	0	0,00
8	6	10,17
9	6	10,17
10	3	5,08
Total	59	100,00

Fuente: La Autora

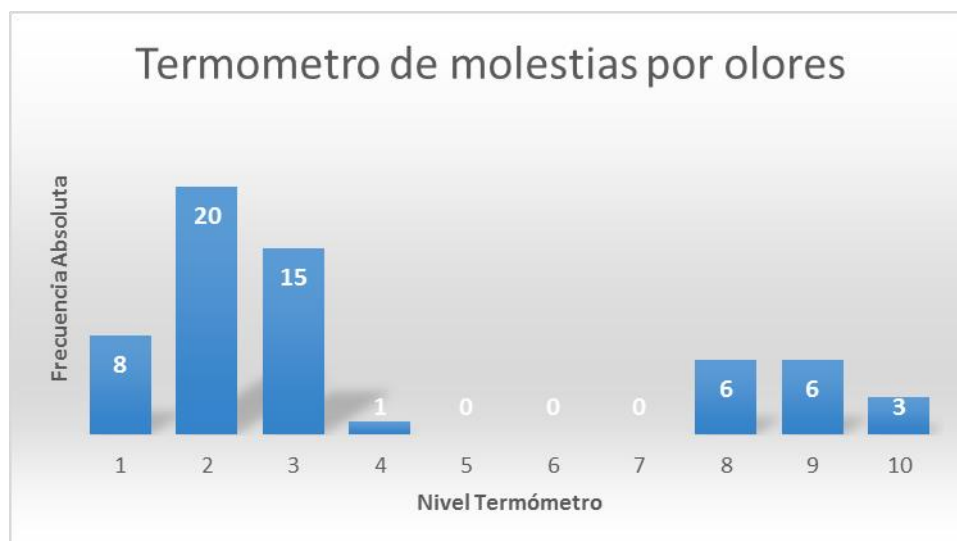


Figura 21. Distribución porcentual pregunta 6 de la encuesta a la comunidad

Fuente: La Autora

Tabla 15. ¿Se ve afectado en su residencia o local por los olores ofensivos?

Zona de Estudio respuestas	Categoría	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Relativa %
Nunca	1	32	54,24
Rara vez	2	16	53,33
Casi siempre	3	9	30,00
Siempre	4	2	6,67
Total		59	144,24

Fuente: La Autora



Figura 22. Distribución porcentual pregunta 7 de la encuesta a la comunidad

Fuente: La Autora

5.3.2. Análisis de resultados-Encuesta Comunidad

Los resultados de las encuestas realizadas a la comunidad, nos arrojan una clara evidencia de que se presenta molestia por olores ofensivos de forma puntual al lado Occidental y Nor-Occidental de la planta, si bien es un espacio muy reducido donde se presenta la molestia por olores, si se hace de forma frecuente en las épocas de verano y de intensidad alta; al asociar este lugar noroccidental con la dirección anual de vientos predominantes que es del Sur-Este al Nor-Occidente, se puede apreciar una clara relación entre estos.

Al norte oriente y sur de la planta, las personas encuestadas no expresaron molestia alguna por olores ofensivos provenientes de la PTAR, más si por la quema de basuras y un caño de aguas residuales que sale de la unidad cerrada Villas de Bariloche.

Los habitantes contiguos a la planta al lado Occidental y Nor-Occidental, manifestaron estar tomando medidas para evitar la molestia por olores ofensivos, con la siembra de una barrera arbórea de Eugenio (figura 23).



*Figura 23. Barrera de Eugénios (*Eugenia uniflora*).*

Fuente: la autora

5.4. ENCUESTA A LOS OPERARIOS

Por otro lado, se realizó una encuesta a los operarios de la PTAR El Retiro (Ver encuesta en anexo D) la cual contiene preguntas centradas en obtener la siguiente información:

- Pregunta 1. Principales focos de emisión de olores en la planta, intensidad y frecuencia.
- Pregunta 2. Posibles eventualidades, hechos y factores climáticos que pueden intensificar la generación de olores ofensivos.
- Pregunta 3. Medidas correctivas para mitigar olores ofensivos generados.
- Pregunta 4. Frecuencia de quejas de la comunidad aledaña.
- Pregunta 5. El nivel de conocimiento de los manuales y protocolos de operación de la PTAR El Retiro.

5.4.1. Desarrollo de la Encuesta a los Operarios

La encuesta, se realizó vía internet, enviando a cada uno de los correos de los 4 operarios de la PTAR y explicando la importancia de la información que ellos pudiesen suministrar para un diagnóstico certero que permita la construcción de las acciones para la prevención y mitigación de los olores ofensivos, de forma eficaz.

Posteriormente se reciben las cuatro encuestas vía internet y se procede a tabular los resultados obtenidos.

5.5. RESULTADOS ENCUESTAS OPERARIOS PTAR

Los resultados obtenidos para cada uno de los puntos de la encuesta son los siguientes:

Pregunta 1.

Enumere de 1 a 5 los lugares de la PTAR donde se generan con mayor intensidad olores ofensivos, siendo el 1 el de menor intensidad y el 5 la mayor intensidad, e indique con qué frecuencia percibe los olores teniendo en cuenta las categorías indicadas en la tabla siguiente tabla.

Tabla 16. Primera pregunta encuesta operarios

Estructura		Categorías		Frecuencias	
1		1		2 a 3 veces por mes	
2		2		1 vez por semana	
3		3		2 a 3 veces por semana	
4		4		Casi todos los días	
5		5		Todos los días	

Fuente: La autora

Tabla 17. Respuesta Pregunta 1 operarios

Intensidad	Respuesta operario 1		Respuesta operario 2		Respuesta operario 3		Respuesta operario 4	
	Estructura	F/cia	Estructura	F/cia	Estructura	F/cia	Estructura	F/cia
1	Tanques de aireación	1	Tanques de igualación de excesos	1	Tanque de Cloración	1	Tanque de Cloración	1
2	Clarificadores	1	cribado	2	Clarificadores	1	Clarificadores	1
3	Cribado	4	Cámara de derivación	3	Cribado	4	Cribado	4
4	Espesadores	3	Tanques Aireadores	4	Espesadores	3	Espesadores	3
5	Lechos de secado	5	Lechos de secado	5	Lechos de secado	5	Lechos de secado	5

Fuente: La autora

Tabla 18. Pregunta 2. ¿Qué eventualidades, hechos o factores climáticos puede intensificar la generación de olores ofensivos en la PTAR?

Operarios	Respuesta
1,3 y 4	<ul style="list-style-type: none"> • Inapropiada operación de la PTAR, • Ingreso de Agua de condiciones Atípicas • Días soleados, condensación del clima en las mañanas, corrientes de aire

	<ul style="list-style-type: none"> • Cada vez que se descarta lodo a los lechos de secado. • Cuando se realiza lavado de los sedimentos del tanque de almacenamiento.
2	<ul style="list-style-type: none"> • Saturación de eras de secado para la disponibilidad de LAD (lodo activado de retorno).

Fuente: La autora

Tabla 19. Pregunta 3. ¿Cuáles son las medidas correctivas para mitigar olores ofensivos en la PTAR?

Operario	Respuesta
1,3 y 4	<ul style="list-style-type: none"> • Operación adecuada • Evitar ingreso de agua de condiciones atípicas • Implementar cortinas en los lechos de secado (mantenerlas cerradas) • Cada vez que se descarte aplicar producto químico que ayuda a disminuir los olores
2	<ul style="list-style-type: none"> • En caso de Queja, tomar datos de la persona afecta. • Realizar un recorrido por los alrededores de la planta para identificar olores • Realizar una visita al predio de la persona afectada.

Fuente: La autora

Tabla 20. Pregunta 4. ¿Marque con una x con qué frecuencia se reciben quejas de la comunidad aledaña por olores ofensivos?

Operarios	Respuestas
1 y 2	Trimestral
3 y 4	Anual

Fuente: La Autora

Tabla 21. Pregunta 5. ¿Marque con una X que tanto conoce los manuales o protocolos de operación de la PTAR El Retiro?

<i>Operarios</i>	<i>Respuestas</i>
2, 3 y 4	Suficientemente
1	Medianamente

Fuente: La Autora

ANALISIS DE RESULTADOS ENCUESTA OPERARIOS

Pregunta 1

De acuerdo a lo anterior y a los resultados arrojados por las encuestas a los operarios, la P.T.A.R El Retiro Antioquia, presenta cinco puntos importantes donde se generan olores con mayor intensidad y frecuencia, el primero es el tanque de cloración, el segundo los tanques clarificadores, el tercer punto es la cámara de cribado, el cuarto son los espesadores de lodos y el quinto, los lechos de secado de lodos, éste último se constituye como el principal generador y emisor de olores en la P.T.A.R. (Londoño, 2016).

Los olores en el lecho de secado son controlados adicionando cal al tendido de lodo, sin embargo, esta medida no es 100% efectiva y las corrientes de vientos, terminan por extender los olores y causar molestias a los vecinos ubicados al noroccidente y occidente de la Planta en especial en épocas de verano.

Tabla 22. Análisis Frecuencia e intensidad de olores PTAR el Retiro

Estructura	Frecuencia/Intensidad
Lechos de secado	Todos los días
Espesadores de lodos	Casi todos los días
Cribado	2 a 3 veces por semana
Clarificadores	2 a 3 meses por mes
Tanque de Cloración	1 vez por mes

	Intolerablemente fuerte
	Muy fuerte
	Fuerte
	Inconfundible
	Débil

Fuente: La autora

Pregunta 2.

Dentro de las eventualidades y factores climáticos que se presentan y aportan a la generación de olores se citan la inapropiada operación de la PTAR, lo cual sugiere el refuerzo de las actividades diarias de la planta con un buen equipamiento humano para el control y operación de los procesos de la PTAR así como la prevención, predicción y reparación de fallas; por otro lado se presentan los días soleados, la condensación del clima en las mañanas y las corrientes de aire, lo que coincide con lo manifestado por varios encuestados vecinos del Occidente y Nor-Occidente de la PTAR de sentir con mayor frecuencia y alta intensidad los olores ofensivos.

El ingreso de condiciones atípicas del agua puede sugiere un estudio e investigación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua para determinar posibles contaminantes y si requiere de otro tipo de tratamiento acompañado de la investigación y de ser necesario el acompañamiento de las autoridades ambientales.

Pregunta 3.

En cuanto a las medidas correctivas que se pueden aplicar se citan el no ingreso del agua en condiciones atípicas, siendo esta una solución para mantener el buen funcionamiento de la planta en sus diversos procesos, puede ser perjudicial para el ecosistema de la fuente receptora; también se cita el cierre de cortinas de las eras de secado si bien esta medida es eficiente para evitar la dispersión de los olores, también evita la rápida deshidratación de los lodos por impedir el paso del sol y del aire.

Por otro lado el operario dos responde como se procede ante una queja, realizar un recorrido por los alrededores de la planta para identificar olores realizar una visita al predio de la persona afectada, esto permite confirmar la generación y dispersión de los olores a predios vecinos.

Pregunta 4.

El reporte de quejas se da para los operarios 1 y 2 trimestralmente y para los operarios 3 y 4 anualmente, si bien no son muy frecuente los reportes por quejas de olores ofensivos, si se presentan.

Pregunta 5.

Se evidencia un claro conocimiento de la los manuales de operación de la planta parte de los operarios.

6. ANALISIS DE FACTIBILIDAD DE PROPUESTAS

Con los datos obtenidos del reconocimiento de la PTAR, las encuestas a la comunidad y los operarios de la PTAR y el respectivo análisis de resultados, se deducirá de forma confiable y precisa, los posibles factores que inciden en la aparición de olores ofensivos y así mismo se establecer las siguientes propuestas:

- Implementación Barreras Arbóreas tipo cortavientos.
- Implementación de nuevas y mejores prácticas operacionales en la PTAR el Retiro.
- Implementación de nuevas tecnologías de absorción de olores ofensivos.

Tabla 23. Análisis de factibilidad de propuestas

PORUESTA	CRITERIO		VALORACIÓN	
Implementación Barreras Arbóreas tipo cortavientos	Costo	Alto	Medio	Bajo
	Beneficios para la comunidad	x		
	Riesgo de tipo económico		x	
	Riesgo de tipo Ambiental			x
	Riesgo de tipo administrativo		x	
Implementar nuevas y mejores prácticas operacionales en la PTAR	Costo	Alto	Medio	Bajo
	Beneficios para la empresa	x		
	Riesgo de tipo económico			x
	Riesgo de tipo Ambiental			
	Riesgo de tipo administrativo			x
Implementar nuevas tecnologías de absorción de olores ofensivos	Costo	Alto	Medio	Bajo
	Beneficios para los empresa	x		
	Riesgo de tipo económico	x		
	Riesgo de tipo Ambiental		x	
	Riesgo de tipo administrativo	x		

Fuente: La Autora

De acuerdo a la tabla 23 de análisis de factibilidad de propuestas, las propuestas que más beneficios económicos, ambientales y sociales tienen para la comunidad y la empresa son, la implementación de barreras arbóreas tipo cortavientos e implementación de nuevas y mejores prácticas operacionales dentro de la PTAR el Retiro.

7. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

7.1. UBICACIÓN PLANTA DE TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES EL RETIRO - ANTIOQUIA

La Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) El Retiro, está ubicada en el Municipio del Retiro Antioquia, subregión del oriente Antioqueño, vereda Santa Elena, a una distancia de 30 km de la ciudad de Medellín, con coordenadas geográfica 6°04.1398" N y 75°30'00.99" O, a una elevación de 2158 m.s.n.m con vientos predominantes que van del Noreste al oeste y suroeste (Meteoblue, 2017).

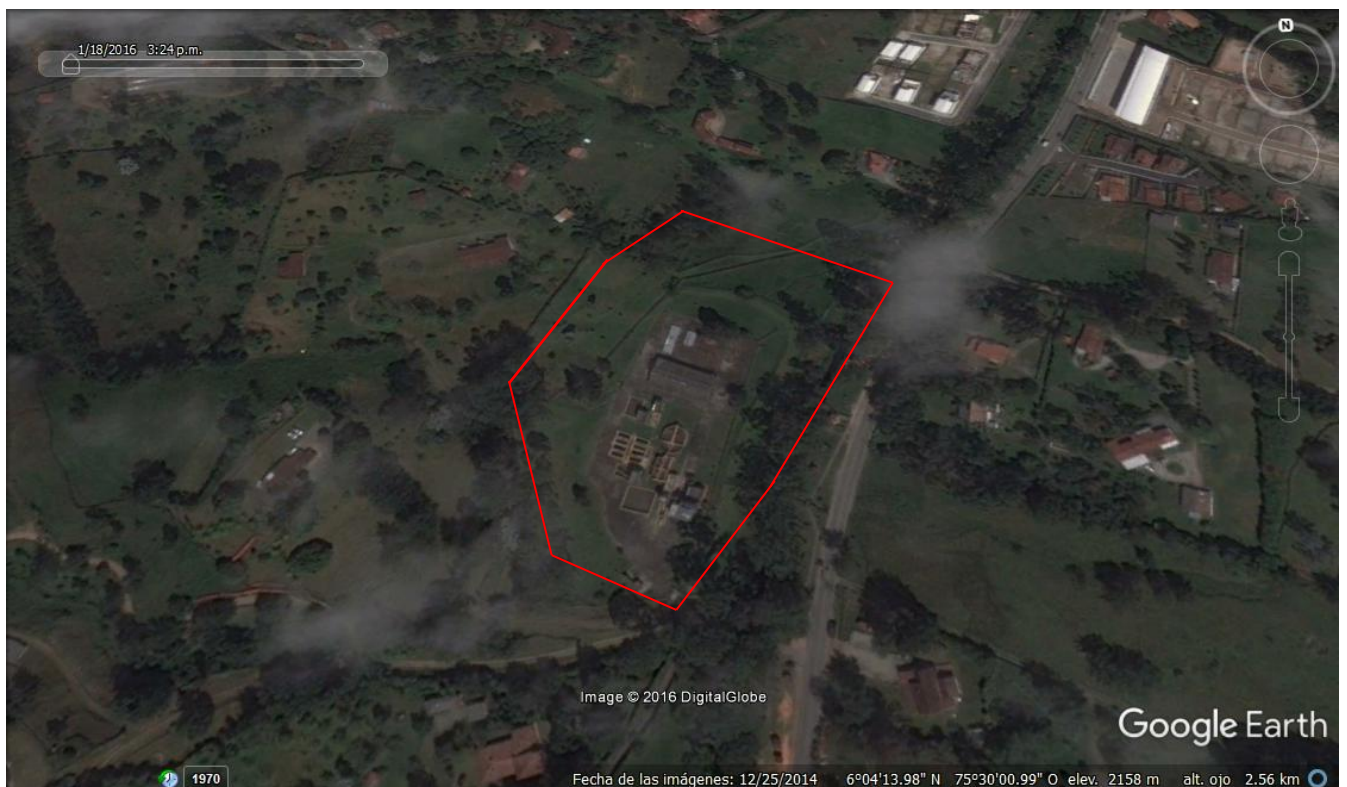


Figura 24. Vista aérea PTAR El Retiro

Fuente: (Google Earth, 2014)

El Municipio El Retiro cuenta un área de 243,6 Km², una pluviosidad media anual de 2200 mm, con influencia de comportamiento bimodal y una temperatura promedio de 15°C; limita al Norte con los Municipios de Rio Negro y Envigado, por el Este con el Municipio de la Ceja, por el Sur

con el Municipio de Montebello y por el Oeste, con el Municipio de Caldas, cuenta con una población de 8.361 en la cabecera Municipal y 7.989 en la zona rural para un total de 16.350 habitantes, la actividad económica principal se centra en la ebanistería e industrias maderables, otras actividades son el comercio en general y la agricultura (Alcaldía Municipal el Retiro Antioquia, 2012).

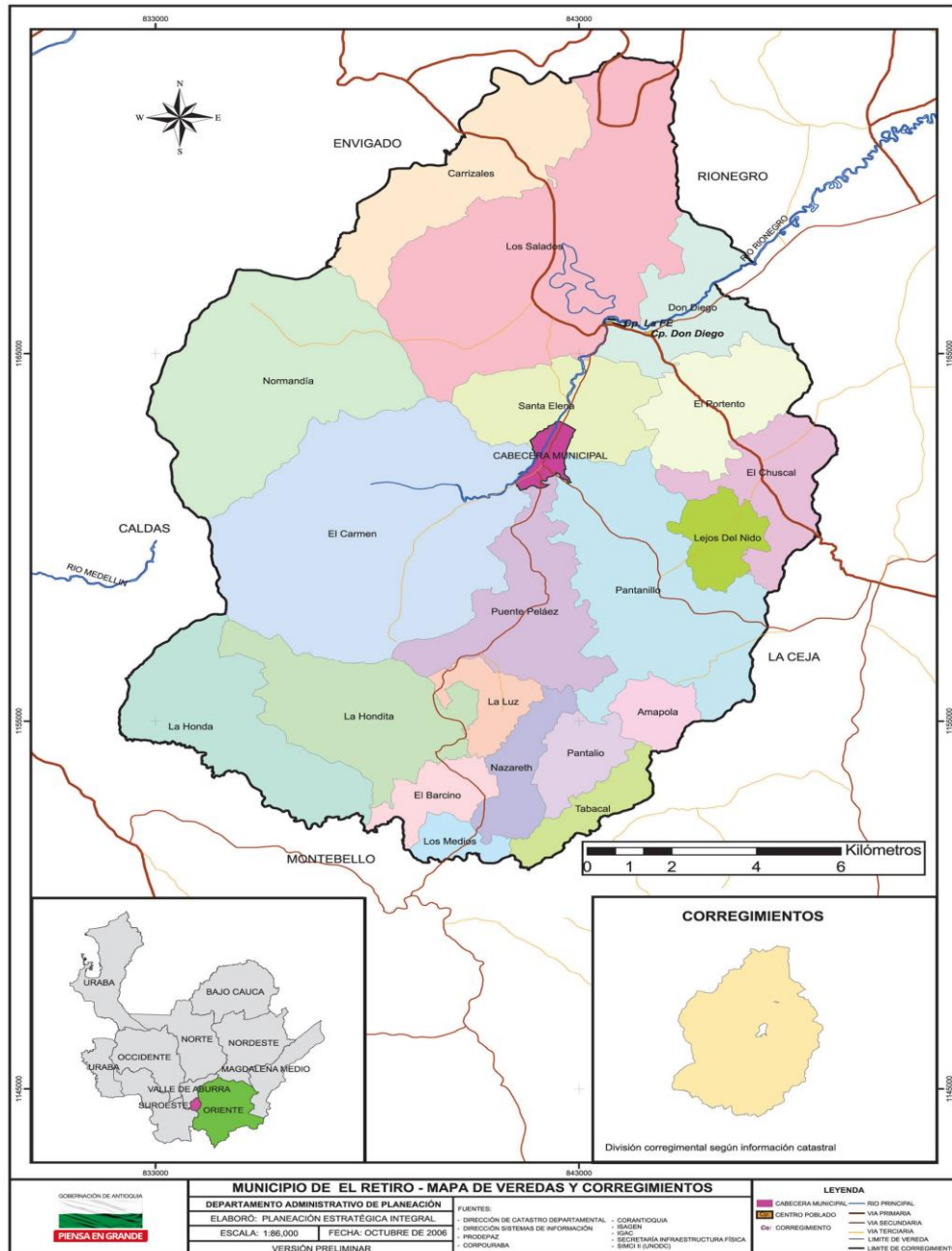


Figura 25. Mapa Municipio del Retiro-Antioquia.

Fuente: (Gobernación de Antioquia, 2017)

El Municipio del Retiro Antioquia, se destaca por su sistema de embalses, paisajes y cercanía a la ciudad de Medellín, esto ha generado nuevas dinámicas en la economía y lo ha llevado a ser un municipio de gran atractivo para el crecimiento demográfico en especial para los habitantes de la ciudad de Medellín, es así como en la actualidad dentro del nuevo Plan de desarrollo territorial 2015, el área contigua a la PTAR el Retiro se clasifica según al artículo 78 en uso de suelo, zona residencial, definida como “aquellas destinadas a alojar población con un carácter permanente, permitiendo usos complementarios y compatibles con la vivienda” (ver mapa usos del suelo anexo A).

7.1.1. PROPUESTA 1. IMPLEMENTACIÓN DE BARRERA ARBÓREA ESTRATIFICADAS TIPO CORTAVIENTOS

La PTAR El Retiro cuenta con un área verde libre de aproximadamente 5.564 m² ubicados al costado Nor-Occidental y Occidental de la planta de tratamiento la cual presenta algunas especies vegetales aisladas como Eucalipto (*Eucalyptus spp*), Aguacate (*Persea americana*), Guayabo (*Psidium guajava*), Níspero del Japón (*Eriobotrya japonica*) Cerezo del gobernador (*Flacourtia Indica*) y Guayacán Amarillo (*Tabebuia rosea*) (Varòn & L, 2014). De esta forma y de acuerdo a los objetivos del proyecto se pretende establecer la barrera arbórea estratificada de tipo cortaviento en esta área la cual se especifica en la figura 27.

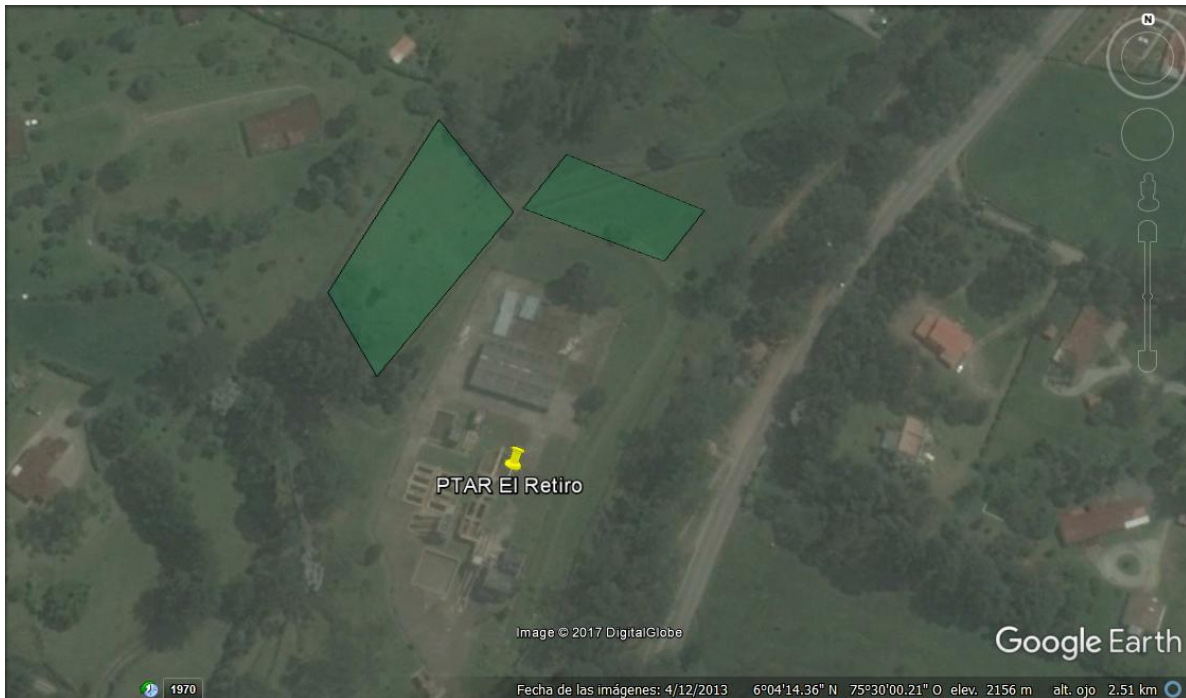


Figura 26. Área verde libre de barreras arbóreas tipo cortaviento.

Fuente: (Google Earht, 2006)

7.1.1.1. Análisis técnico

El establecimiento de una barrera arbórea de tipo Rompe Vientos en las áreas verde libres, a los costados Nor-Occidental y Occidental de la PTAR consiste en una o más hileras estratificadas de árboles y arbustos de denso follaje en dirección perpendicular al viento dominante y sembrados de tal forma que obligue a éste a elevarse sobre sus copas, lo cual permite el control de los vientos, la minimización de dispersión olores ofensivos, la disminución de ruido, atenuación de partículas, recuperar o mejorar el paisaje, captar el CO₂ y otras funciones como conservar suelos, conservar la humedad y regular las condiciones del microclima, entre otras.

Para la implementación de las barreras vivas se debe tener en cuenta, los siguientes factores:

- Se deben sembrar perpendicularmente a los vientos predominantes en la zona.
- Usar vegetación que posea una buena capacidad de rebrote impidiendo que se genere espacios libres en los niveles bajos.

- Las especies seleccionadas deben ser de rápido crecimiento.
- Tener una distancia prudencial de las instalaciones, donde se llevan a cabo los procesos de tratamiento del agua residual.
- Sembrar especies aromáticas o con florescencia llamativas dentro de la barrera.
- Las cortinas rompevientos, contribuyen a la delimitación de los predios.

7.1.1.2. *Diseño de barreras arbóreas rompevientos*

La mayoría de las prácticas de manejo de cortinas rompevientos, se basa en la elección de las especies adecuadas, la forma de plantación y el mantenimiento, los demás componentes del sistema influyen en la elección de la especie para las cortinas rompevientos, pues es necesario tener en cuenta las diferentes etapas de crecimiento de las especies plantadas. En el diseño y siembra de una cortina rompevientos, se pueden manejar hileras simples o múltiples y combinaciones de hileras en diferente dirección, teniendo en cuenta claro está, la dirección e intensidad de los vientos predominantes, la pendiente del suelo y la altura de la especie del árbol a sembrar (Mendieta, 2007). La protección, en algún grado se extiende hasta una distancia igual a 20 veces la altura de los árboles. Para áreas extensas, es conveniente colocar una serie de cortinas de manera perpendicular a la dirección del viento. También se pueden plantar arbustos en las partes externas a las líneas de los árboles (Figura 27 y 28).

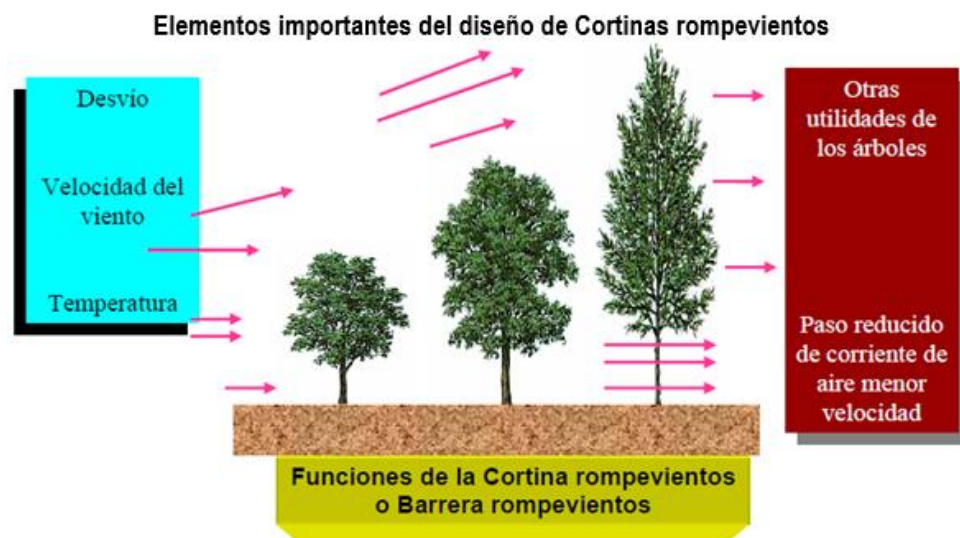


Figura 27. Elementos importantes de diseños de Cortinas Rompevientos

Fuente: (Mendieta, 2007)

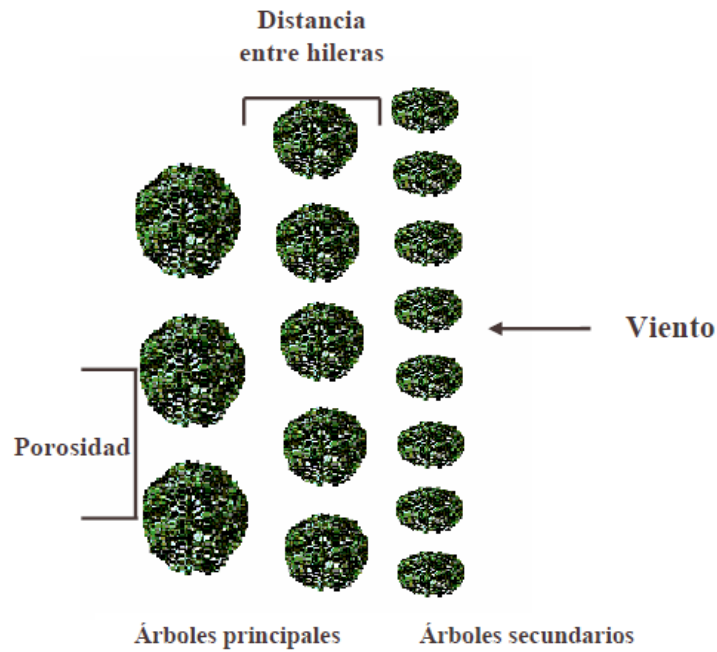


Figura 28. Espacio intercalado entre componentes

Fuente: (Mendieta, 2007)

Teniendo en cuenta lo anterior, la estratificación de la barrera cortavientos para la PTAR El Retiro contará con 4 hileras distribuidas de menor a mayor tamaño plantas de jardín ornamental, arbustos, árboles de bajo porte y árboles de mediano porte.

Los arbustos y árboles se clasificarán de acuerdo a la altura de la siguiente forma:



- Arbustos: Entre los 2 y 5 m de altura.
- Árboles de bajo porte: Entre los 5 y 8m de altura
- Árboles de mediano porte: Entre los 8 y 12 metros de altura.

Los jardines ornamentales serán de 1m de ancho por 3 m de largo.

7.1.1.3. *Especies Vegetativas a sembrar*

Son diversas las especies que se pueden utilizar en una barrera arbórea rompevientos, sin embargo, las especies que mejor se adaptan a las condiciones locales de la PTAR El Retiro son:

Tabla 24. *Especies Arbóreas Propuestas*

Nombre común	Nombre científico	Propiedades
<p>Eugenio</p>  <p>Fuente: (Área Metropolitana, universidad EIA, universidad CES, 2017)</p>	<p><i>Syzygium paniculatum Gaertn</i></p>	<p>Arbusto nativo de Australia, muy ramificado de atractiva forma cónica, de mediano crecimiento 10m máximo. De rápido crecimiento, frutos comestibles, prefiere suelos fértiles y húmedos, uso en cercas vivas y ornamental</p>
<p>Carbonero</p>  <p>Fuente: (Área Metropolitana, universidad EIA, universidad CES, 2017)</p>	<p><i>Calliandra haematocephala Hassk</i></p>	<p>Arbusto nativo de Bolivia, de rápido crecimiento 3 metros máximo, copa medianamente amplia, es ornamental y sirve de alimentos para la fauna, sus usos más comunes son barreras cortavientos, construcción de interiores.</p>
<p>Pomo</p>	<p><i>Syzygium jambos (L.) Alston</i></p>	<p>Árbol de mediano crecimiento, 12 metros máximo, nativo de la india, con preferencia de las zonas húmedas, longevidad entre 36 y 60 años.</p>

 <p>Fuente: (Área Metropolitana, universidad EIA, universidad CES, 2017)</p>		<p>Usos: alimento para la fauna, barreras rompevientos y sombra.</p>
<p>Árbol del pan</p>  <p>Fuente: (Área Metropolitana, universidad EIA, universidad CES, 2017)</p>	<p><i>Artocarpus heterophyllus Lam.</i></p>	<p>Nativo de la India, crece hasta los 15 metros, crecimiento lento a medio, longevidad alta mayor a los 60 años, prefiere suelos drenados, profundos y ricos en materia orgánica.</p> <p>Usos ornamentales, de barrera cortavientos y alimento para la fauna.</p>
<p>Casco de vaca</p>  <p>Fuente: (Área Metropolitana, universidad EIA, universidad CES, 2017)</p>	<p><i>Bauhinia variegata L.</i></p>	<p>Árbol de mediano a rápido crecimiento, altura máxima de 15 metros, longevidad media de 36 a 60 años, la madera se usa para mangos de herramientas, tiene funciones ornamentales, rompevientos y cercas vivas. Las podas de formación oportuna evitan que se ramifique desde la base.</p>
<p>Chumbimbo, jaboncillo</p>	<p><i>Sapindus saponaria L.</i></p>	<p>Árbol de crecimiento rápido, altura máxima de 20 metros, usos barrera</p>

		<p>rompevientos, restauración ecológica, sombrío.</p>
<p>Fuente: (Área Metropolitana, universidad EIA, universidad CES, 2017)</p>	<p><i>Cestrum nocturnum L</i></p>	<p>Arbusto ornamental, de hasta 5 metros de altura, fuertemente aromático, fruto tipo vaya.</p>
	<p><i>Bouganvillea spectabilis L.</i></p>	<p>Arbusto de crecimiento rápido, altura máxima de 3.4 metros, planta escandente (plantas que no trepan, sino que se recuestan en otras cercanas para alcanzar altura) con espinas en el tronco; hojas simples, flores con brácteas con coloraciones que pueden ser blancas, rojas, amarillas, naranjada o rosadas. Algunas plantas pueden tener las hojas con rayas blancas.</p>
<p>Curazao</p>  <p>Fuente: (Universidad de Antioquia, 2010)</p>		

7.1.1.4. *Distancia entre plantas*

Los espacios mínimos y máximos de los arboles dentro de la barrera cortavientos depende del tipo de árbol que se designe.

- *Arbustos*: si se establecen especies como jazmín de noche (*Cestrum nocturnum*), la distancia es de 1,0 a 2,5 metros entre planta y planta.
- *Árboles y coníferas de copa pequeña o media*: en barreras sencillas de 2,0 a 6,0 metros, en barreras dobles o múltiples de 1,0 a 4,5 metros.
- *Árboles de copa ancha*: en barreras sencillas de 3,0 a 4,5 metros en barreras dobles o múltiples de 3,0 a 6,0 metros.
- *En barreras dobles*: la separación entre hileras puede ser entre 0,5 a 1,0 metros para arbustos y entre 2,0 a 6,0 metros para árboles con alta densidad (CENICAFE, 2013).

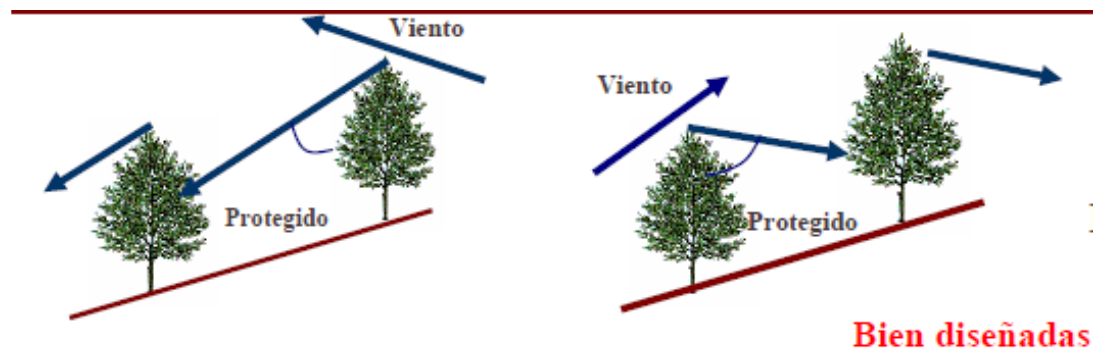


Figura 29. Cortinas rompevientos en laderas

Fuente: (Mendieta, 2007)

7.1.1.5. *Análisis Económico*

Dentro de las ventajas económicas más importantes de las barreras vivas se pueden señalar:

- Bajo costo de establecimiento: Utiliza mano de obra de la empresa, necesita pocas herramientas y se puede utilizar el material vegetativo del vivero de EPM ubicado en el parque ARVÍ.
- Son de fácil adopción para la empresa (trazado sencillo y fácil establecimiento).
- Produce muy poca remoción del terreno.
- El mantenimiento es poco exigente en mano de obra.
- Las Barreras rompevientos se constituyen en un producto adicional para la empresa representado en madera para postes u otros usos (Mendieta, 2007).

La siembra de barreras arbóreas cortavientos representa la valorización del predio, tanto para la empresa como para las zonas aledañas y son una estrategia de preparación de la PTAR, minimizando el riesgo de dispersión de olores ofensivos a la expansión urbana que se presenta en la zona.

7.1.1.6. *Análisis financiero*

Los costos de implementación de barreras vivas cortavientos, dependen del tipo de material vegetal a utilizar, del tipo de suelo, de los requerimientos de mano de obra, del mantenimiento y del tipo de barrera si es sencilla o doble, sin embargo, se debe tener en cuenta que epm cuenta con un vivero institucional ubicado en el parque Arvi, de donde puede proveerse del material vegetativo.

Se puede estimar la siembra de 200 unidades vegetales entre árboles y arbustos, distribuidos en una barrera arbórea doble, dentro de la PTAR el Retiro.

El presupuesto teniendo en cuenta, la siembra, fertilización, plateo, control fitosanitario, poda, mantenimiento y socialización del proyecto se describe en la tabla 25.

Tabla 25. Presupuesto tentativo para la siembra de barrera arbórea cortavientos.

Concepto	Presupuesto Barrera Arbórea Rompevientos PTAR el Retiro Antioquia				
Personal Técnico	Unidad/ mes	Dedicación	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Ingeniero Forestal	1	100%	1,00	\$ 4.425.500	\$ 4.425.500
Técnicos de campo	1	100%	3	\$ 2.382.400	\$ 7.147.200
Profesional Social	1	50%	1	\$ 3.712.000	\$ 1.856.000
Subtotal 1. Personal técnico					\$ 13.428.700
2. Siembra de árboles y arbustos, fertilización, plateo, rocería, poda control fitosanitario, mantenimiento	Unidad	Rondas /año	Cantidad	Valor Unitario	Valor Total
Siembra (incluye suministros, insumos, transporte, hoyado y siembra)	Árboles y arbustos	1	150	\$ 115.000	\$ 17.250.000
Fertilización (incluye insumos, transporte y aplicación)	Árboles y arbustos	2	150	\$ 3.800	\$ 1.140.000
Plateo	Árboles y arbustos	3	150	\$ 300	\$ 135.000
Rocería y disposición de residuos	m2	3	150	\$ 415	\$ 186.750
Poda de formación y/o limpieza control fitosanitario y disposición de residuos	Árboles y arbustos	2	150	\$ 1.440	\$ 432.000
Mantenimiento (cuadrilla) incluyendo el chipeado de residuos	día	2	1	\$ 720.000	\$ 1.440.000
Subtotal 2. Siembra de árboles y arbustos, fertilización, plateo, rocería, poda control fitosanitario, mantenimiento					\$ 20.583.750
3. componente socio Ambiental	Unidad		Cantidad	Valor unitario	Valor total
Taller (Incluye refrigerios, logística, material de apoyo e identidad institucional (Pendón) y alquiler de equipos audiovisuales)			1	\$ 290.000	\$ 290.000
3.Subtotal componente socioambiental					\$ 290.000
Total sin IVA					\$ 34.302.450
AU%	15%				\$ 5.145.368
TOTAL					\$ 39.447.818
IVA	19%				\$ 7.495.085
Total IVA incluido					\$ 46.942.903

Fuente: La Autora

7.1.1.7. *Análisis Social*

Las Barreras rompevientos permiten un mejor habitad de los vecinos ya que al desviar los vientos o al amortiguar los mismo, la percepción de olores ofensivos disminuye por la incorporación del viento con los aromas de las especies sembradas, además ayuda a reducir la incidencia de enfermedades bronquiales, de igual forma, al embellecer el paisaje la sensación de calidad de vida aumenta en las personas.

Las poblaciones beneficiadas con esta propuesta entre niños, adultos y adultos mayores son de aproximadamente 40 personas, es indispensable realizar un plan de socialización a la comunidad donde se exponga sobre la intervención paisajística, compartirles el tipo de árboles a sembrar y los beneficios ambientales, sociales y para la salud que proveen cada uno de ellos.

7.1.1.8. *Análisis Ambiental*

Las cortinas cortavientos se constituyen en sistemas de gran beneficio ambiental ya que, ayudan a controlar vientos fuertes, desviando las corrientes de aire o amortiguando su alta velocidad, sirven de refugio para la fauna, conservan los suelos y el agua, embellecen el paisaje, controlan el transporte de solidos por efecto del viento, fijan el carbón y otras sustancias contaminantes.

7.2. PROPUESTA 2. IMPLEMENTAR NUEVAS Y MEJORES PRÁCTICAS OPERACIONALES EN LA PTAR EL RETIRO

Si una planta de lodos activados es operada correctamente no deben existir ningún tipo de olores ofensivos detectables, sin embargo, se presentan situaciones o eventualidades que en ocasiones pueden ser inevitables por ejemplo como desgaste o daños de equipos o partes, factores climáticos atípicos, interrupción del fluido eléctrico, aumento del caudal, aumento de materia orgánica, entre otros; estas circunstancias obligan a buscar acciones inmediatas o practicas diferentes a las habituales que se adapten al manejo del evento presentado.

7.2.1.1. *Análisis Técnico*

Para las empresas prestadoras de servicios de tratamiento de aguas residuales, es importante contar con instrumentos de buenas prácticas operacionales o mejores técnicas, que les ayude a prevenir y controlar la generación de olores ofensivos en sus diferentes procesos del tratamiento de agua, cumplir con la normatividad ambiental y sanitaria, reducir los conflictos con la comunidad vecina, ajustar procesos ineficientes que estén generando esta clase de impacto y gozar de una imagen ejemplar de responsabilidad social y ambiental ante la sociedad y el mundo.

7.2.1.2. *Equipamiento Técnico humano*

Las tareas a llevar a efecto en una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, demandan un equipo de personas calificadas (operadores), debido a que estas tareas devengan el control de la planta y el mantenimiento de equipos de bombeo, entre otras tareas de relevancia; los operadores además de las operaciones internas de la planta deben tener contacto directo con proveedores de material necesario para el buen funcionamiento, conducción y mantenimiento efectivo de la PTARS (García & M, 2010).

7.2.1.3. *Control y operación de los procesos de la Planta*

El buen control y conducción de los procesos de la PTAR se garantizan midiendo parámetros de

funcionamiento del proceso, mediante observación e instrumentos de control para su posterior verificación, así como la toma de muestras representativas de las líneas de aguas y lodos, optimizar procesos de secado de lodos, reponer reactivos seguir instrucciones técnicas y procedimientos establecidos para lograr la sostenibilidad y optima operación de la planta PTAR el Retiro.

Es de considerar las siguientes prácticas que consolidando opiniones de operadores de otras plantas de tratamiento de aguas residuales y basados en manuales de operación se describe a continuación lo siguiente:

- Lavar con agua a presión la cámara de derivación o entrada del agua por lo menos dos veces por semana.
- Limpiar el cribado como mínimo una vez en cada turno de ocho horas, limpiar con agua a presión las rejillas, paredes y bombas de tornillo.
- Lavar el desarenador cada ocho días y desinfectarlo con hipoclorito.
- Mantener disponibles todos los recipientes plásticos de almacenamiento de residuos sólidos que son extraídos de los sistemas de cribado, bombas de tornillo, aireadores, válvulas telescópicas y espesadores con su respectiva tapa plástica, para evitar presencia de malos olores, roedores e insectos transmisores de enfermedades, de igual forma, todos los recipientes plásticos deben ser perforadas en el fondo y a los lados para facilitar la escorrentía de los líquidos y fácil secado.
- Lavar diariamente los clarificadores y tanques de aireación todos los días desinfectándolos, son rutinas que los operadores y auxiliares tienen conocimiento, sin embargo, no está demás recordar y fortalecer esta práctica.
- Donde más se generan olores ofensivos, es en los lechos de secado de lodos descargados de los clarificadores, estos lechos básicamente son filtros en donde los líquidos filtrados retornan al proceso y los biosólidos son secados en estos lechos, se puede disminuir los fuertes olores ofensivos, respetando la edad de los lodos establecidos en el manual de operación de la planta, además se debe reponer arena preferiblemente que venga con antracita o residuos de carbón activo utilizados en las plantas de potabilización de agua, este material es excelente para absorber humedad facilitar un rápido secado y neutralizar

olores.

- Los lechos de secado cuentan con cortinas que impiden que entre aguas lluvias y que los vientos desplacen olores hacia las poblaciones vecinas. Se recomienda abrir solo para la recolección de lechos secos y reposición de material filtrante.
- Adicionar cal deshidratada a los lechos de secado minimiza la aparición de olores ofensivos.
- El lugar de almacenamiento de lechos secos debe estar siempre con el techo que cubra de aguas lluvias y neutralizar olores con cal en especial en épocas de lluvia donde se dificulta su secado por completo.
- Cuando por alguna circunstancia de inspección o mantenimiento se desocupe un aireador, clarificador o tanques profundos donde por lo general hay colmatación de lodos, se debe hacer el efecto de esparcir agua tipo rocío para neutralizar los gases que están en las paredes internas y fondo del tanque esto evitara quejas y reclamos por la población aledaña a la PTAR.
- Se deben limpiar las estructuras que lo requieran, retirando los desechos y productos para su posterior tratamiento o eliminación al vertedero.

Teniendo en cuenta lo anterior y de acuerdo al manual de descripción de la planta de tratamiento de aguas residuos del municipio del Retiro se debe procurar cumplir con los parámetros de diseño de cada una de las estructuras presentados en las tablas 3,4,5 y 6.

7.2.1.4. *Prevención, predicción y reparación de fallas y posibles averías*

El personal capacitado y experimentado para el diagnóstico y prevención de fallas es indispensable, para la detección de anomalías y su oportuna corrección; esto se puede llevar a efecto verificando de forma regular, con equipos adecuados, el buen estado de las maquinarias, tanto mecánico como eléctrico, detectando sonidos atípicos y ruidos, vibraciones y cambios de temperatura, además se debe tener conocimiento de los manuales de funcionamiento de los equipos y maquinaria para su correcto funcionamiento (García & M, 2010).

En este sentido se debe realizar cambios necesarios para reacondicionar y/o sustituir piezas

deterioradas o desgastadas, en el tiempo previsto, se debe resaltar el mantenimiento oportuno de las bombas de diversos sectores de la planta, en especial las bombas de lodos.

Al encontrarse una falla se debe reparar utilizando métodos eficientes para no entorpecer los procesos de la planta, se deben reparar equipos, corrigiendo o sustituyendo piezas dañadas, es necesario contar con un taller de mantenimiento que facilite herramientas básicas y equipos y/o repuestos que puedan ser utilizados en caso de una emergencia.

Por último, se debe poseer la capacidad para aplicar las normas y medidas necesarias que puedan afectar a la seguridad de las personas, instalaciones y material en su actividad, así mismo analizar las disposiciones normativas sobre la prevención de riesgos laborales que pueden afectar el desarrollo de un trabajo óptimo y de calidad.

7.2.1.5. *Análisis Económico*

La implementación de Mejores prácticas operacionales en la planta trae beneficios económicos, en el sentido de que suministra adecuadamente los insumos utilizados en los diversos procesos de la planta evitando despilfarros de los mismo, así mismo, genera agua de muy buena calidad que cumple con los estándares de niveles permisibles de parámetros físico, químicos y biológicos del agua tratada; evitando posibles sanciones por parte de la autoridad ambiental Corporación Autónoma Regional de las Cencas del Río Negro y el Río Nare CORNARE.

El buen manejo de cada uno de los equipos y herramientas evita el rápido desgaste o daños, prolongando su vida útil y con ello posibles costos de inversión no previstos.

7.2.1.6. *Análisis Financiero*

Se considera el análisis financiero de la propuesta de mejores prácticas operacionales en la PTAR el Retiro, como el fortalecimiento de las operaciones que viene llevado a efecto los operarios en su rutina diaria de jornada laboral.

7.2.1.7. *Análisis Social*

La implementación de mejores prácticas operacionales en la PTAR, representa un gran beneficio que se extiende a un número considerable de personas, en el sentido de que inicialmente beneficia los residentes contiguos a la PTAR por que se evita la generación de olores ofensivos, el deterioro visual, biológico y fisicoquímico en Rio pantanillo receptor de las aguas tratadas en la PTAR. Teniendo en cuenta que este Río es uno de los afluentes que surte de agua la represa la Fe, las buenas prácticas operacionales permiten garantizar un agua de mejor calidad entrante a este ecosistema de represa, donde reposa una gran variedad de vida biótica y abiótica.

7.2.1.8. *Análisis Ambiental*

Sin duda alguna la implementación de mejores prácticas operacionales conlleva grandes beneficios para el medio ambiente, pues al tener en el efluente agua tratada de calidad, se evita depositar grandes cantidades de materia orgánica en las fuentes receptoras, esto permite el equilibrio y conservación de los ecosistemas naturales.

Se cumple aún más con parámetros de calidad como el DBO, DQO, solidos totales, grasas y aceite y oxígeno disuelto que son los parámetros medibles en la PTAR El Retiro.

8. CONCLUSIONES

- El tema de evaluación y medición de sustancias olorosas ofensivas en el país es nuevo, es un estudio que está en desarrollo, son pocos los consultores, pocas las experiencias que se pueden encontrar, de igual forma las tecnologías son costosas.
- La implementación de las barreras arbóreas, son unas estrategias de preparación para la demanda de expansión urbana que se viene presentando en la zona.
- Se puede concluir que la vida útil de una Planta de tratamiento de aguas residuales a un costo efectivo, depende en gran medida del celo con que se atiendan las tareas de operación y mantenimiento de los equipos, tanto por el personal como por el grupo administrativo de la planta.
- La generación de lodos, en el tratamiento del agua es inevitable y es un factor muy importante, por los costos de operación que implica su manejo, por ello se debe tener en cuenta que, en el espesamiento, el manejo del tiempo de retención y el porcentaje de humedad con que se lleve el lodo a los lechos de secado influirán en la generación o no, de olores ofensivos.
- Es de valorar, la permanencia 24 horas de los operadores durante todo el año, en el control de los procesos de la planta, teniendo en cuenta que la planta tiene un caudal de diseño de 22 l/s y en varias ocasiones se ha venido aumentando el caudal entrante a la planta por la gran demanda de materia orgánica que se está generando por el alto crecimiento poblacional en la zona.
- El mejoramiento paisajístico no solo contribuye al control de olores sino que también genera un impacto visual positivo, así mismo un bienestar social ante los vecinos y transeúntes del lugar y para la PTAR constituye como valor agregado, un servicio ecosistémico el cual sobresale ante la comunidad y las autoridades ambientales en este

caso CAR CORNARE municipio El Retiro..

9. RECOMENDACIONES

- De acuerdo con las proyecciones de expansión urbana establecidas en POT del municipio del Retiro, se recomienda elaborar un PRIO Plan Para la Reducción del Impacto por Olores Ofensivos, con el propósito de que la planta se aprovisione de un procedimiento documentado y socializado en caso de emergencia por generación alta de olores ofensivos.
- Anteriormente la PTAR el Retiro contaba con un filtro de prensa el cual tiene una capacidad de 242 litros de masa o torta, cada torta requiere de cuatro horas y media para producir un biosólidos de excelente calidad, en este sentido volver a utilizar este equipo o uno similar, permitirá producir biosólidos mas constantemente.
- Cuando se presente una queja por olores ofensivos de los vecinos de la PTAR bien sea por medio de una llamada telefónica o visita presencial, se recomienda al operador de turno, estandarizar o neutralizar su olfato al “punto cero” olfateando por 1 minuto café granulado, luego realizar un recorrido por los procesos de la planta identificando donde se genera malos olores y así buscar una pronto solución a la situación que los genera.
- La planta cuenta con otras 14 celdas para el secado de lodos que no está en servicio; es importante que la administración se proyecte en recuperar este espacio, para cuando se presente gran generación de biosólidos para su deshidratación.
- Como parte de una política de responsabilidad social y ambiental con la comunidad, es importante que se considere un espacio dentro de la planta para exposiciones, explicaciones de funcionamiento, para recibir visitas con estándares de seguridad y comodidad.
- Los biosolidos deshidratados son cargados o evacuados de la PTAR cada tres meses para un total de 4 viajes al año, se recomienda incrementar los viajes de carga para cada 2 meses para 6 viajes de carga al año esto para que los biosolidos, no se acumulen, en la caseta de almacenamiento y así evitar la propagación de moscas y la generación de olores ofensivos.

BIBLIOGRAFIA

- Administraciòn Municipal Municipio El Retiro. (2015). *Plan de Ordenamiento Territorial*. El Retiro.
- Alcaldia Municipal el Retiro Antioquia. (2012). *Plan de Desarrollo Municipal 2012-2015*. El Retiro.
- Alcaldia Municipal El Retiro Antioquia. (2015). *Plan de Ordenamient Territorial Municipio del Retiro Antioquia* . El Retiro.
- Arbelaez, J. (2007). *Elaboraciòn del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos (PSMV)*. Medellín.
- Area Metropolitana, universidad EIA, universidad CES. (2017). *Catalogo virtual de flora del Valle de Aburra*. Obtenido de <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/>
- Baena, J., & Hernández, L. (2012). *Anàlisis de la Regulaciòn Colombiana en Materia de Olores Ofensivos*. Medellin.
- CENICAFE. (2013). *Guìa para el establecimiento de barreras con àrboles y sombrío de cafe. Avences Tècnicos*.
- Diaz, G. G. (2012). *Lineamiento Para La Vigilancia Sanitaria y Ambiental del Impacto de los Olores Ofensivos en la Salud y Calidad de Vida de las Comunidades Expuestas en Àreas Urbanas*. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/PP/SA/impacto-olores-ofensivos-salud.pdf>
- Garcìa, F., & M, C. (2010). Operaciòn y manejo de tratamiento de aguas residuales. *Montajes e Instalaciones*, 57-61.
- Gobernaciòn de Antioquia. (2017). *Sitio Oficial de la Gobernaciòn de Antioquia*. Obtenido de <http://antioquia.gov.co/index.php/el-retiro>
- Google Earth. (Diciembre de 2014). *Google Earth*.
- ICONTEC. (2013). *Efecto y Evaluaciòn de Olores. Ecaluaciòn Sicosomètrica de la Molestia por Olores*. Bogotá.
- MADS. (2013). *Resoluciòn 1541*. Bogotá:
https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/resoluciones/2013/res_1541_2013.pdf.

- Mendieta, M. (2007). *Sistemas Agriforestales*. Managua, Nicaragua.
- Meteoblue. (Marzo de 2017). *Tiempo El Retiro*. Obtenido de https://www.meteoblue.com/es/tiempo/pronostico/semana/medell%C3%ADn_colombia_3674962
- Min de Salud y Protección Social; Organización Panamericana de la salud. (2012). *Lineamiento Para la Vigilancia Sanitaria y Ambiental del Impacto de los Olores Ofensivos en la Salud y Calidad de Vida de las Comunidades Expuestas en Áreas Urbanas*. Bogotá D.C.
- Min. Ambiente. (2014). *Protocolo Para el Monitoreo, Control y Vigilancia de Olores Ofensivos*. Bogotá D.C.
- Morgan, J. (Mayo de 2013). *MALOS OLORES EN PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES: SU CONTROL A TRAVÉS DE PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/impactos/mexicona/R-0032.pdf>
- Nelson, P. (2003). *Control de Olores en Plantas de Tratamiento de Aguas Servidas*. ESSBIO S.A.
- Noyola, A. M. (2013). *Selección de tecnologías para el tratamiento de aguas residuales municipales*. Ciudad de México.
- Ochoa, O. (Noviembre de 2013). *Netquest*. Obtenido de <https://www.netquest.com/blog/es/blog/es/que-tamano-de-muestra-necesito>
- ORNAMENTALIS. (2016). *ORNAMENTALIS, Plantas ornamentales y jardinería*. Obtenido de <http://ornamentalis.com/eugenia-myrtifolia/>
- Perez, H. J. (25 de Marzo de 2017). Presupuesto Siembra. (D. B. Pérez, Entrevistador)
- Quijano, C. (1986). *Descripción de la Planta de Aguas Residuales del Municipio del Retiro*. . Medellín: Empresas Públicas de Medellín División Técnica de Acueducto y Alcantarillado.
- Universidad de Antioquia. (2010). *Banco de objetos de aprendizaje y de información* . Obtenido de *Cestrum nocturnum L*
- Universidad Pontificia Bolivariana. (2010). *Revisión y determinación de umbrales, estándares de emisión y protocolos de medición para la estructuración de normas en materia de olores ofensivos*. Medellín.
- Varón, T., & L, M. (2014). *Arboretum y Palmetun Guía de Identificación*. Medellín.

ANEXOS

ANEXO A. Mapa usos del suelo POT 2015 Municipio del Retiro

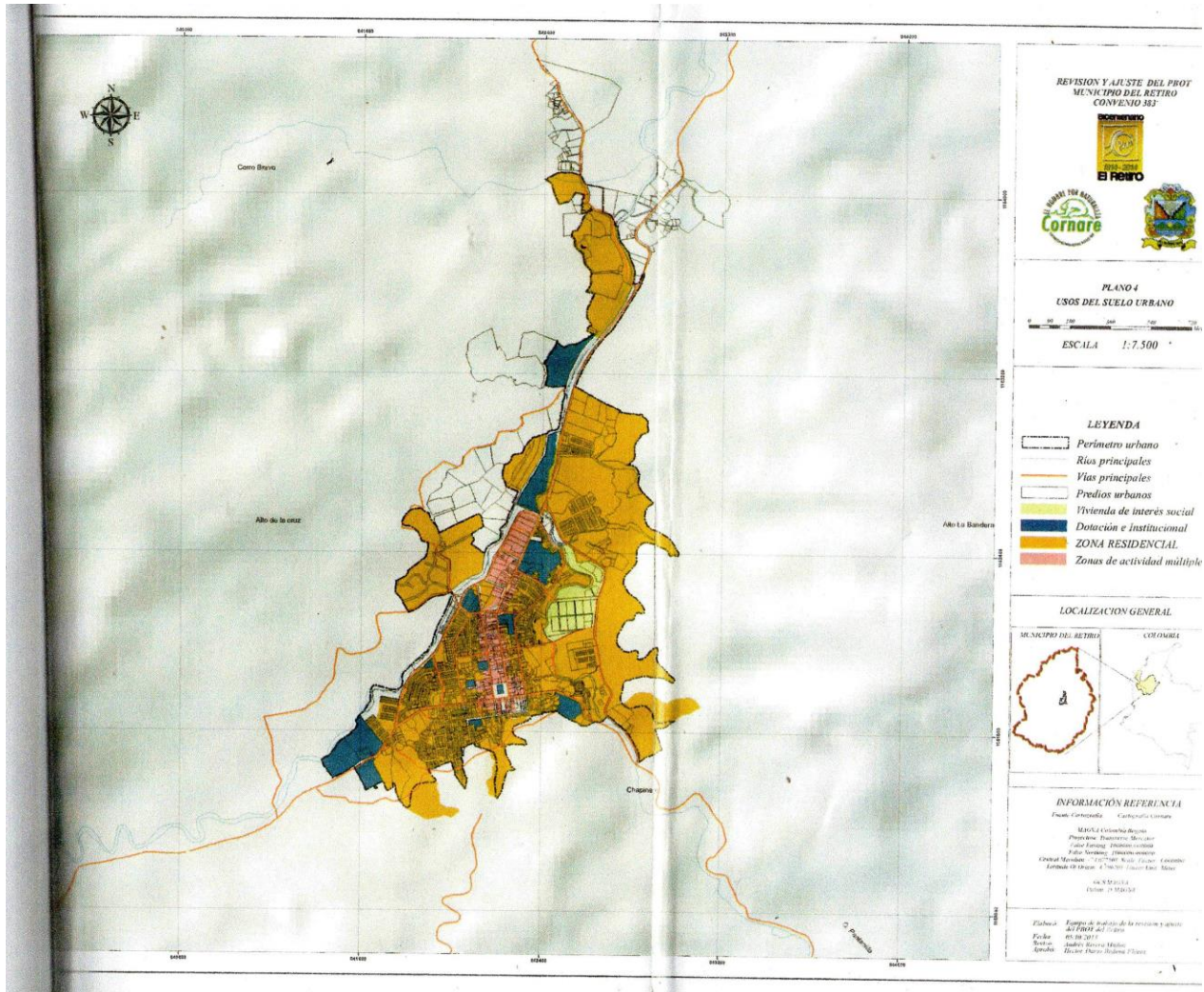


Figura 30. Mapa usos del suelo Municipio del Retiro POT 2015

Fuente: (Administración Municipal Municipio El Retiro, 2015)

ANEXO B. Esquema estructural planta de tratamiento de agua residuales El Retiro

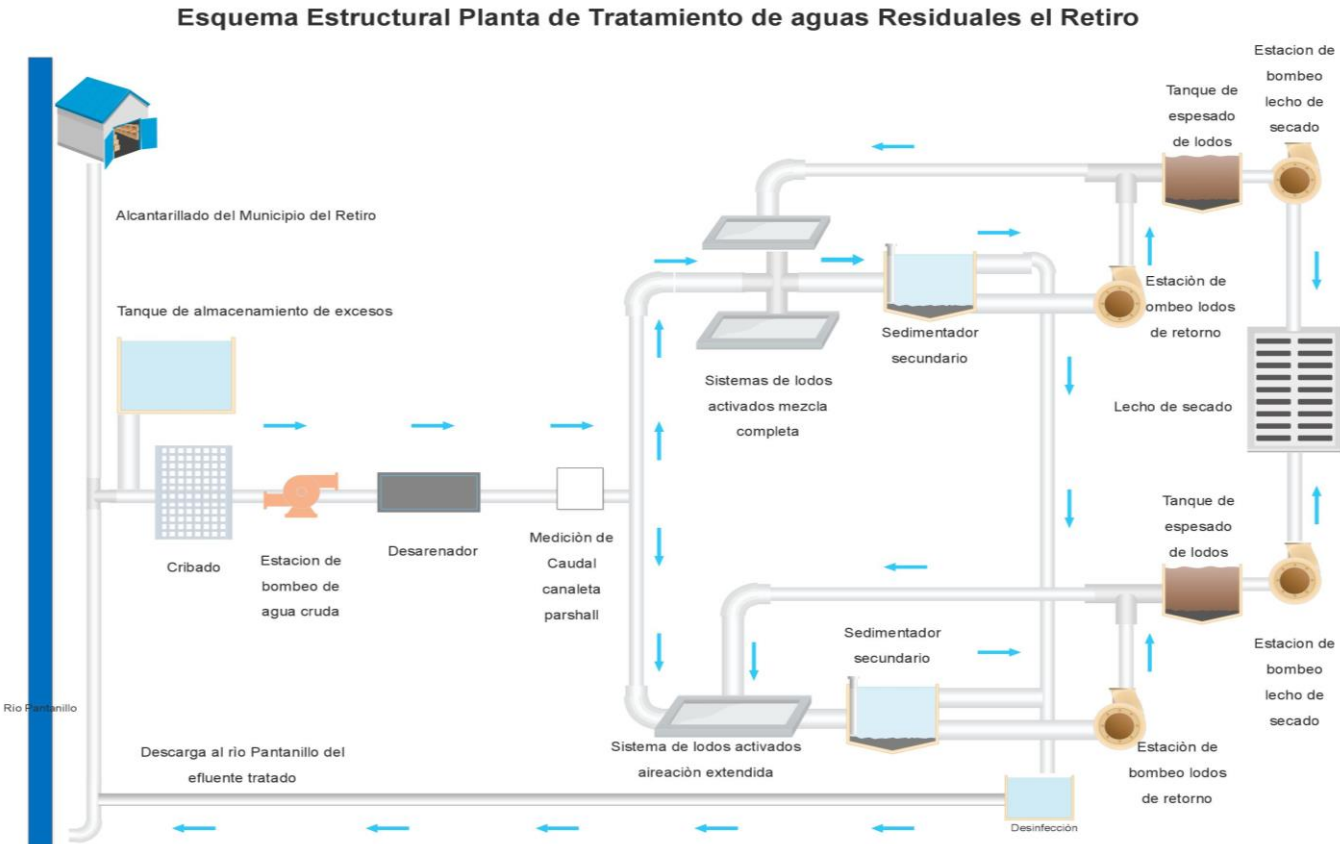
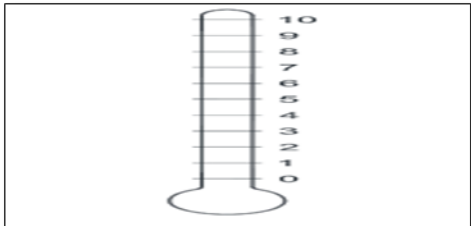


Figura 31. Esquema estructural Planta de Tratamiento de Aguas Residuales El Retiro

Fuente: La Autora

ANEXO C. Modelo encuesta efectuada a la comunidad aledaña de la PTAR El Retiro

Tabla 26. Encuesta general a la comunidad aledaña a la PTAR El Retiro Antioquia

ENCUESTA GENERAL A LA COMUNIDAD ALEDAÑA A LA PTAR EL RETIRO ANTIOQUIA										
Fecha	Día-Mes-Año <input style="width: 100%;" type="text"/>									
Identificación del lugar:	Vivienda		Comercial			agrario	Industrial			
Distancia aproximada de la PTAR:	<input style="width: 100%;" type="text"/>									
Responda marcando con una X la respuesta que más se acerque a su opinión.										
1	¿Hace cuánto reside o trabaja en la zona?									
0	Entre 2 Meses y 1 año									
1	Entre 1 año y 5 años									
2	Más de 5 años									
2	¿Qué tan seria considera usted la contaminación general en esta área residencial?									
0	Ninguna									
1	Muy leve									
2	Leve									
3	Moderada									
4	Grave									
5	Muy Grave									
6	Intolerablemente grave									
3	¿Cree usted que los residentes y comerciantes de esta vía son molestados por la contaminación por olores?									
1	Si	2								No
4	¿Qué tan fuertes son los olores fuera de la casa/en la calle?									
0	Imperceptibles									
1	Raramente imperceptible									
2	Débil									
3	Inconfundible									
4	Fuerte									
5	Muy fuerte									
6	Intolerablemente fuerte									
5	¿Con qué frecuencia percibe malos olores?									
0	Nunca									
1	Una vez por mes o menos									
2	Dos a tres veces por mes									
3	una vez por semana									
4	Dos a tres veces por semana									
5	Casi todos los días									
6	Supongamos que este es un termómetro para medir la molestia debida a olores provenientes de la PTAR 10 significa que los olores son intolerablemente molestos 0 significa que ellos no molestan para nada. Cómo califica usted la molestia debida a olores aquí en su área residencial en este termómetro?									
										
7	¿Se ve afectado en su residencia o local por los olores ofensivos?									
1	nunca									
2	Rara Vez									
3	casi siempre									
4	siempre									
Observaciones:										
Encuesta Basada en la NTC 6012-1 "Efecto y Evaluación de los Olores- Evaluación sicosométrica de las molestia por olores.										

Fuente: La Autora

ANEXO D. Encuesta efectuada a los Operarios de la PTAR el Retiro

Tabla 27. Encuesta efectuada a los operarios de la PTAR el Retiro

ENCUESTA OPERARIOS PTAR EL RETIRO ANTIOQUIA			
FECHA: _____			
1	Enumere de 1 a 5 los lugares de la PTAR donde se generan con mayor intensidad olores ofensivos, siendo el 1 el de menor intensidad y el 5 el mayor intensidad, e indique con que frecuencia percibe los olores teniendo en cuenta las categorías indicadas en la tabla 1.		
	Estructura	Frecuencia	Tabla 1. Frecuencias
1			1 2 a 3 veces por mes
2			2 1 vez por semana
3			3 2 a 3 veces por semana
4			4 casi todos los días
5			5 Todos los días
2	¿Qué eventualidad, hechos o factores climáticos pueden intensificar la generación de olores ofensivos en la PTAR?		
3	¿Cuáles son las medidas correctivas para mitigar olores ofensivos generados en la PTAR?		
4	Marque con una x con qué frecuencia se reciben quejas de la comunidad aledaña por olores ofensivos?		
1	Trimestral		
2	Mensual		
3	Quincenal		
4	Semanal		
5	¿Conoce a cabalidad los manuales o protocolos de operación de la PTAR El Retiro?		
1	Suficientemente	k	
2	Medianamente		
3	Muy poco		

Fuente: La autora