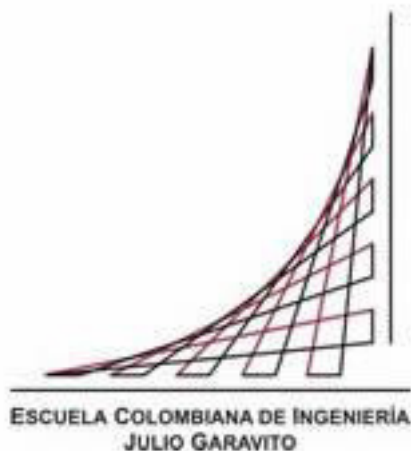


**ESTUDIO DE DOS ALTERNATIVAS DE TECNOLOGÍAS NO
CONVENCIONALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
VERTIDAS EN EL SECTOR NOROESTE DEL HUMEDAL GUAYMARAL EN LA
CIUDAD DE BOGOTÁ**



ROCIO DEL PILAR CASTELLANOS CARVAJAL

**ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HIDRÁULICOS Y MEDIO AMBIENTE
BOGOTÁ D.C., COLOMBIA
ENERO DE 2018**

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO

ESPECIALIZACIÓN EN RECURSOS HIDRÁULICOS Y MEDIO AMBIENTE

**“ESTUDIO DE DOS ALTERNATIVAS DE TECNOLOGÍAS NO
CONVENCIONALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
VERTIDAS EN EL SECTOR NOROESTE DEL HUMEDAL GUAYMARAL EN LA
CIUDAD DE BOGOTÁ”**

ROCIO DEL PILAR CASTELLANOS CARVAJAL

Director

YULY ANDREA SANCHEZ LONDOÑO

2018

**ESTUDIO DE DOS ALTERNATIVAS DE TECNOLOGÍAS NO
CONVENCIONALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
VERTIDAS EN EL SECTOR NOROESTE DEL HUMEDAL GUAYMARAL EN LA
CIUDAD DE BOGOTÁ**

**Por:
ROCIO DEL PILAR CASTELLANOS CARVAJAL**

**PROYECTO DE GRADO COMO REQUISITO PARA EL GRADO DE
ESPECIALISTA EN RECURSOS HIDRAULICOS Y MEDIO AMBIENTE**

**ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
BOGOTÁ D.C., COLOMBIA
2018**

APROBADA POR

**YULY ANDREA SANCHEZ LONDOÑO
DIRECTORA DEL PROYECTO DE GRADO**

FECHA

AGRADECIMIENTOS

Quiero dar mi más sincero agradecimiento al personal de la Secretara Distrital de Ambiente; a la Ingeniera Francy Carolina de la Secretaria Distrital de Ambienta, al Ingeniero Esteban Piñeros Ingeniero coordinador del Humedal Torca-Guaymaral; al Ingeniero Raúl Moreno director de la fundación humedal Torca-Guaymaral; a todo el personal del área de expedientes de la Secretaria Distrital de Ambiente y al Doctor Alfonso Rodríguez Director de la Especialización de Recursos Hidráulicos y Medio Ambiente de la Escuela Colombiana de Ingeniería.

De la misma forma quiero agradecer a mi directora de proyecto, la Ingeniera Yuly Andrea Sánchez Londoño quien me brindó su apoyo en todo el proceso otorgándome las herramientas necesarias para el desarrollo de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	IX
INTRODUCCIÓN	X
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
2 JUSTIFICACIÓN	5
3 OBJETIVOS	6
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	6
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	6
4 MARCO DE REFERENCIA	7
4.1 MARCO CONCEPTUAL.....	7
4.1.1 Antecedentes	7
4.1.2 Uso de tecnologías no convencionales	9
4.2 MARCO TEÓRICO	9
4.3 MARCO LEGAL.....	13
5 METODOLOGÍA.....	15
6 DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL HUMEDAL GUAYMARAL	16
6.1 MEDIO BIÓTICO	16
6.1.1 Fauna.....	17
6.1.1.1 Avifauna.....	17
6.1.2 Flora.....	17
6.2 HIDROLOGÍA	18
6.3 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS.....	19
6.4 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL	19
6.4.1 Disposición de residuos sólidos	20
6.4.2 Vertimientos a la fuente hídrica	20
7 CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES	22

7.1	CARACTERIZACIONES DE AGUAS RESIDUALES AL HUMEDAL GUAYMARAL	25
7.2	ANÁLISIS DE CARACTERIZACIONES.....	28
7.2.1	Análisis de carga contaminante para tasas retributivas	33
8	TECNOLOGÍAS NO CONVENCIONALES PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	38
8.1	SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES POR APLICACIÓN AL TERRENO	38
8.1.1	Mecanismos de depuración	43
8.1.2	Rendimientos	45
8.1.3	Parámetros de diseños	46
8.1.3.1	Aplicación superficial en sistemas de baja carga.....	46
8.1.3.2	Aplicación superficial en la infiltración rápida.....	49
8.1.3.3	Sistema de aplicación subsuperficial	51
8.2	SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES POR FILTRO DE TURBA.....	52
8.2.1.1	Tratamiento primario.....	52
8.2.1.2	Tratamiento secundario	53
8.2.1.3	Tratamiento terciario.....	54
8.2.2	Mecanismos de depuración	55
8.2.3	Rendimientos	56
8.2.4	Parámetros de diseños	57
8.3	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS TECNOLOGÍAS NO CONVENCIONALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL EN EL HUMEDAL GUAYMARAL.....	58
8.4	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE APLICACIÓN EN TERRENO	58
8.4.1	Ventajas	59
8.4.2	Desventajas	59
8.5	VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE FILTRO DE TURBA	60
8.5.1	Ventajas	60

8.5.2	Desventajas	61
8.6	Prediseño de las alternativas para el humedal guaymaral sector noroccidental	62
8.6.1	Aplicación al terreno.....	62
8.6.1.1	Filtros Verdes.....	62
8.6.1.2	Sistema de aplicación subsuperficial	66
8.6.2	Filtros de turba	67
8.7	ANALISIS DE LOS RENDIMIENTOS DE CADA UNO DE LAS TECNOLOGÍAS NO CONVENCIONALES	69
8.7.1	Análisis de la etapa de la línea de agua.....	73
8.8	EVALUACION DE LAS ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTOS DE TECNOLOGÍAS NO CONVENCIONALE	75
8.8.1	Parámetros de evaluación.....	76
8.8.2	Resultados de la evaluación preliminar.....	77
9	CONCLUSIONES.....	80
10	RECOMENDACIONES	84
	Bibliografía.....	85
	ANEXOS.....	88

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Matriz legal.....	13
Tabla 2. Expedientes abiertos a empresas adyacentes al humedal Guaymaral....	22
Tabla 3. Expediente centro comercial BIMA Propiedad Horizontal.....	22
Tabla 4. Expediente La Margarita Inversiones y Eventos	23
Tabla 5. Expediente Transportadora Escolar Camargo Hermanos y CIA S.A.	23
Tabla 6. Expediente Gimnasio Campestre La Salette	24
Tabla 7. Monitoreo realizado por la SDA a cuatro puntos de vertimientos sobre el Humedal, en el año 2015.....	26
Tabla 8. Tasa retributiva por vertimientos puntuales 2010-2017	34
Tabla 9. Tasas retributivas para el vertimiento TO-SSIMON-RCHB.....	35
Tabla 10. Tasas retributivas para el vertimiento TO-CL-161-RCHB	35
Tabla 11. Tasas retributivas para el vertimiento TO-BOSQUEP-RCHB	36
Tabla 12. Sistemas de depuración mediante aplicación subsuperficial	42
Tabla 13. Características de los efluentes de los diferentes tipos de tratamiento por aplicación al terreno.....	45
Tabla 14. Rendimientos de depuración de los Sistemas de Aplicación Superficial al Terreno	46
Tabla 15. Características que debe reunir el terreno en el que se implante un sistema de baja carga.....	49
Tabla 16. Tratamientos primarios	51
Tabla 17. Dimensión para campos de infiltración	51
Tabla 18. Parámetros de diseño para filtros intermitentes de arena.....	52
Tabla 19. Acciones que se dan en el filtro de turba	55
Tabla 20. Rendimientos de depuración Desbaste-tamizado-desengrasado-filtros de turba.....	57
Tabla 21. Rendimientos de depuración Desbaste-lagunaje anaerobio-filtros de turba	57
Tabla 22. Rendimientos de depuración tanque Imhoff (fosa séptica)-filtros de turba	57
Tabla 23. Cálculo para la carga hidráulica basada en la permeabilidad del suelo.	63
Tabla 24. Cálculo para la carga hidráulica basada en el balance de nitrógeno	64
Tabla 25. Cálculo superficie necesaria para filtro verde	65
Tabla 26. Cálculo zanjas de infiltración.....	67
Tabla 27. Cálculo tanque Imhoff	68
Tabla 28. Diseño filtros de turba	69

Tabla 29 Rendimientos de depuración de los Sistemas de Aplicación Superficial al Terreno	69
Tabla 30. Rendimientos de depuración de los filtros de turba	71
Tabla 31. Rendimientos aplicación en terreno vs filtros de turba.....	72
Tabla 32. Análisis etapa línea de agua	74
Tabla 33. Identificación de las alternativas	76
Tabla 34. Matriz de Evaluación Aspectos Técnicos, Ambientales y Económicos..	76
Tabla 35. Matriz de evaluación de alternativas de tratamiento de tecnologías no convencionales	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de la línea de agua	11
Figura 2. Etapas de la línea de lodos.....	11
Figura 3. Metodología de desarrollo del proyecto	15
Figura 4. Ubicación geográfica del humedal Guaymaral	16
Figura 5. Ubicación de los vertimientos en el Humedal Guaymaral.....	25
Figura 6. DBO ₅ y DQO para el punto TO-SSIMON-RCHB	29
Figura 7. Sólidos Suspendidos Totales para el punto TO-SSIMON-RCHB	29
Figura 8. DBO ₅ y DQO para el punto TO-CL-161-RCHB.....	30
Figura 9. Sólidos Suspendidos Totales para el punto TO-CL-161-RCHB.....	31
Figura 10. DBO ₅ y DQO para el punto TO-BOSQUEP RCHB	32
Figura 11. Sólidos Suspendidos Totales para el punto TO-BOSQUEP RCHB	32
Figura 12. Comparación de cargas contaminantes en puntos de vertimientos.....	37
Figura 13. Esquema de un filtro verde	39
Figura 14. Esquema de un proceso de infiltración rápida	41
Figura 15. Esquema de riego superficial.....	41
Figura 16. Transformaciones que sufren los contaminantes del agua residual a través del suelo.....	43
Figura 17. Mecanismos básicos para la eliminación de los contaminantes presentes en las aguas residuales	45
Figura 18. Tratamientos primarios en el sistema de filtro de turba	53
Figura 19. Funcionamiento de los filtros de turba	54
Figura 20. Rendimientos de depuración de los Sistemas de Aplicación Superficial al Terreno, teniendo en cuenta promedio por parámetro.....	70
Figura 21. Rendimientos de depuración de los filtros de turba teniendo en cuenta promedio por parámetro	71
Figura 22. Rendimientos aplicación en terreno vs filtros de turba.....	72

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Residuos sólidos en el canal Torca	20
Fotografía 2. Canal Torca afectado por vertimientos directos	21
Fotografía 3. Vertimiento directo sobre el canal Torca	21
Fotografía 4. Descarga sobre canal Torca – Sector Cafam.....	33

ANEXOS

ANEXO 1. CARACTERIZACIONES DE AGUAS RESIDUALES SDA 2015

RESUMEN

Los humedales pueden ser considerados como parte de la estructura ecológica principal de Bogotá, es por esto que en el presente documento se presentan dos alternativas de tecnologías no convencionales para el tratamiento de las aguas residuales, (aplicación al terreno y filtros de turba), que llegan al sector noroccidental del humedal Guaymaral, con el fin de buscar la preservación y conservación del área natural de las rondas hidráulicas del humedal, donde se realizan en la actualidad múltiples actividades antrópicas que han generado un deterioro notable del ecosistema del humedal, contaminando principalmente las fuentes de agua superficiales que son efluentes de este. Dentro de las propuestas se evaluarán principalmente los rendimientos de remoción de cada una con el fin de determinar cuál es el óptimo para el tratamiento.

Palabras Claves: DBO₅, filtros de turba, filtros verdes, humedal Guaymaral, SST, tasas retributivas.

INTRODUCCIÓN

El constante crecimiento de la población ha generado grandes problemas ambientales, ya sea por falta de una cultura ambiental o porque simplemente no se cuentan con los recursos necesarios para la ejecución de tecnologías propias para la mitigación de impactos ambientales. Uno de ellos es la contaminación de fuentes hídricas por el vertimiento de aguas residuales provenientes de diferentes actividades, ya sean domésticas, comerciales, institucionales y/o industriales en pequeñas aglomeraciones; lo que ha generado la necesidad de fortalecer la implementación de tecnologías no convencionales, debido a que en estos sectores se escasea los recursos técnicos y económicos.

Por otro lado los humedales de la Bogotá, se están viendo seriamente afectados por el desarrollo de diversas actividades que son llevadas en sus rondas hidráulicas; el caso es más específico el sector noroccidental del humedal Guaymaral, que se encuentra rodeado de establecimientos educativos, comerciales, industriales y residenciales, quienes a su vez desechan sus aguas residuales a las fuentes hídricas superficiales efluentes del humedal Guaymaral; aportando gran cantidad de cargas contaminantes al agua, afectado el equilibrio ecosistema de este, encargado de albergar un gran número de especies migratorias y endémicos.

Este proyecto se enmarca en la búsqueda de una solución permanente a la contaminación hídrica que sufre el sector noroccidental del humedal Guaymaral, por medio de tecnologías no convencionales, por lo cual, se realizó la identificación de dos alternativas de tratamiento, aplicación al terreno y filtros de turba, teniendo en cuenta el sector en el cual se podrían implementar.

Se solicitó a la Secretaria Distrital de Ambiente toda la información que se tuviera de caracterizaciones de aguas residuales en los vertimientos del sector noroccidental del humedal Guaymaral, con el fin de conocer que puntos presentan

mayores cargas contaminantes en lo que respecta a DBO₅ y sólidos suspendidos, así mismo realizar el análisis de tasas retributivas con base al decreto 2667 de 2012, donde se establecen los pagos que debe realizar una persona o empresa por realizar vertimientos puntuales a la fuentes hídricas superficiales por cargas contaminantes de DBO₅ y sólidos suspendidos totales.

Por otro lado, se realizará un pre dimensionamiento de las tecnologías, con el fin de conocer el área requerida para cada tratamiento y adicionalmente saber qué porcentaje de remoción presenta cada una. Finalmente se escogerá alguna de las dos alternativas de tratamiento, haciendo un estudio de factibilidad por medio de una matriz de evaluación, donde se contemplan los aspectos técnicos, económicos y ambientales.

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

“El agua es fundamental para el desarrollo económico y social. En particular, es esencial para mantener la salud, cultivar alimentos, generar energía, proteger el medioambiente y crear empleos” (HAGBRINK, 2016).

La conservación del recurso hídrico es uno de los principales objetivos a nivel mundial, teniendo en cuenta su importancia para el logro del objetivo número seis del Desarrollo Sostenible del siglo XXI: “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos” (ONU, 2017); además de preservar los ecosistemas hídricos y toda su biodiversidad.

En el caso de Colombia, existe el tratado Ramsar, que se llevó a cabo en Irán en el año 1971, donde se estableció que los humedales son reguladores de los regímenes hidrológicos y como hábitat de fauna y flora característica, desde entonces, este tipo de ecosistema ha sido de prioritaria conservación y protección. El tratado le ha realizado seguimiento al comportamiento de los humedales y ha determinado que se han producido grandes pérdidas de sus volúmenes de agua, provocando degradación del ecosistema, todo esto se ha dado por el impacto de las actividades antrópicas, que siempre han tenido como objetivo principal el desarrollo económico, sin importar el costo ambiental que este podría acarrear, en especial a los humedales.

En el Distrito Capital, Bogotá, siempre ha sido de conocimiento mundial, que cuenta con cuerpos hídricos superficiales, conocidos como humedales, que hacen parte de la estructura ecológica principal de la ciudad, siendo una importante reserva de flora y fauna endémica, además de ser el paso transitorio de aves migratorias. Estos cuerpos de agua han sufrido por años las consecuencias de muchas de las actividades antrópicas que se han venido desarrollando en sus rondas.

Con la construcción de la Autopista Norte, el cuerpo de agua que se ubicaba en el sector y que tenía unos 5 Km de extensión aproximadamente, fue separado formando los humedales de Torca y Guaymaral, al oriente y occidente respectivamente, y desde entonces por el desarrollo urbanístico, el crecimiento de la población y la industria en la ciudad, éstos han sufrido graves daños en la calidad de sus aguas, afectando de forma directa a la fauna y flora. (AGUADO ÁLVAREZ, 2010).

Todo este desarrollo ha llevado a que los humedales sufran un conflicto socio-ambiental, debido a que muchas de las áreas de ronda de los humedales han sido considerados de carácter privado lo que ha impedido de cierto modo la intervención de los entes encargados de la conservación y protección de este ecosistema, con el fin de realizar el adecuado control de las actividades que se desarrollan cercana al cuerpo de agua.

En el caso puntual del humedal Guaymaral, se han presentado conflictos a nivel ambiental por los constantes vertimientos de agua residual provenientes de diferentes actividades económicas desarrolladas en el sector, como comerciales, educativas, turísticas, entre otras; tanto así que la Secretaría Distrital de Ambiente tiene expedientes abiertos contra varios de estos, por presentar altos niveles de contaminación en los vertimientos, sin contemplar la normatividad vigente y sin tener un tratamiento anterior a su vertido.

Los vertimientos de aguas residuales directamente al humedal es uno de los principales impactos generados por el urbanismo del sector norte de la capital, esto ha generado altos niveles de contaminación en sus aguas, con significativos impactos negativos, debido a que contribuyen a la destrucción de la vida acuática en el humedal y con ello el quebranto de la conectividad ecológica entre los que se

encuentran los hábitats de diferentes especies y todo lo que corresponde a la actividad de migración de muchas de aves.

Como alternativas de solución siempre ha estado muy presente que las empresas que realizan los vertimientos, deberían realizar sus tratamientos antes de que sus aguas residuales (domésticas, industriales, institucionales, comerciales) fueran vertidas de manera directa a las aguas de los humedales, pero esto no se ha logrado, debido a las altas cargas contaminantes en los vertimientos; es por esto que se deben contemplar tratamientos adicionales.

El saneamiento y el tratamiento de las aguas residuales siempre ha sido una preocupación en grandes urbes, pero cuando se hace referencia a pequeñas áreas, como es el caso de las áreas que circundan al humedal Guaymaral, la problemática tiene un contexto diferente, debido a que se deja de lado el uso de tecnología convencionales para el tratamiento de aguas residuales y tampoco se limita a una sola solución.

El empleo de tecnologías no convencionales para el tratamiento de aguas residuales de pequeñas áreas presenta una gran ventaja, debido a que son adaptables a este tipo de poblaciones y a la integración del entorno natural, los costos son mínimos comparados a las tecnologías convencionales, además de requerir pequeños espacios para su funcionalidad, este aspecto es favorable para la implementación de este tipo de tecnologías en áreas de la ronda del humedal Guaymaral.

Es aquí donde se realiza el planteamiento del problema, teniendo en cuenta los niveles de contaminación hídrica debido a los diferentes vertimientos existentes en las rondas del humedal Guaymaral, identificando los puntos y las diferentes actividades que se desarrollan en cercanías de este y que adicional a esto las aguas residuales provienen de pequeñas localidades adyacentes.

Para el tratamiento de aguas residuales provenientes de pequeñas localidades existe una pequeña variedad de tecnologías no convencionales, en donde se pueden identificar el tratamiento de aguas residuales por aplicación al terreno y tratamiento de aguas residuales por medio de los filtros de turba, que presentan un porcentaje de rendimiento en su remoción del 80 al 95% en varios de los parámetros que identifican grandes cargas contaminantes en el agua, exigido en el decreto 2667 2012

El problema a resolver con el presente estudio es:

¿Qué tecnología no convencional entre los filtros de turba y aplicación del terreno es la más apropiada para tratar las aguas residuales provenientes de actividades antrópicas desarrolladas en cercanías al humedal Guaymaral en su sector noroeste?

2 JUSTIFICACIÓN

Teniendo en cuenta la problemática ambiental que presenta actualmente el humedal Guaymaral, en lo que respecta a los vertimientos de aguas residuales que hacen diferentes empresas localizadas en su alrededor, nació la necesidad de realizar un estudio de la eficiencia de los tratamientos de agua residual con tecnologías no convencionales.

Las tecnologías no convencionales, son poco frecuentes en países en vía de desarrollo, como es el caso de Colombia, que comúnmente trata aguas residuales para grandes localidades y para esto emplea tecnologías convencionales que son de mayor costo y necesitan áreas más grandes disponibles para ser implementadas. Las tecnologías no convencionales las han adaptado en países europeos o norteamericanos, que han aplicado de manera fácil la implementación de tecnologías limpias para en el desarrollo de varias de sus actividades económicas.

Para el caso del tratamiento de los vertimientos directos de agua residual que sufre el humedal Guaymaral, se propondrá la aplicación de dos tecnologías no convencionales que ofrece grandes ventajas, en cuanto al poco consumo energético, el área disponible para su funcionamiento y la eficacia en la remoción. Entre estas tecnologías están los sistemas de aplicación al terreno y los filtros de turba.

El estudio que se llevará a cabo, pretende dar una alternativa de solución en la reducción de carga contaminante de los vertimientos que tiene actualmente el humedal Guaymaral en su sector noroeste basado en aplicar una tecnología no convencional que puede ser implementada en un futuro con altos niveles de remoción de factores contaminantes.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el análisis de dos tecnologías no convencionales para tratamiento de aguas residuales en el humedal Guaymaral sector noroeste, provenientes de los vertimientos de diferentes empresas, con el fin de identificar cual es la más óptima teniendo como base la eficiencia de remoción y su área disponible.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Identificar los vertimientos más significativos que presenta el sector noroeste del humedal Guaymaral.
2. Evaluar la eficiencia de remoción de carga contaminante de los filtros de turba y de la aplicación en terreno, como tecnologías no convencionales para el tratamiento de aguas residuales.
3. Proyectar las tasas retributivas por vertimientos puntuales en el sector noroccidental del humedal Guaymaral.

4 MARCO DE REFERENCIA

4.1 MARCO CONCEPTUAL

La contaminación de fuentes hídricas, es quizá uno de los mayores problemas ambientales que sufre la civilización en la actualidad. Los vertimientos por parte de las grandes industrias, del sector comercial, educativo y residencial, han provocado que la sociedad por medio de entidades gubernamentales y no gubernamentales proponga planes de acción para la recuperación de este recurso, tan valioso en la conservación de ecosistemas y de la especie humana.

En los sectores de ronda de los humedales, no existe tal vez un área disponible para la implementación de tecnologías convencionales para el tratamiento de aguas residuales provenientes de las industrias localizadas a su alrededor, es por esto que se contempla como alternativa la implementación de tecnologías no convencionales como tratamiento de estas aguas, ya que son propias para tratar aguas residuales provenientes de pequeñas aglomeraciones urbanas, además de requerir poco espacio para su funcionamiento.

4.1.1 Antecedentes

Uno de los acuerdos donde se realizan manifiestos sobre la protección de los humedales, es la convención de RAMSAR, realizado en el año 1971 en Irán, donde se establecieron compromisos para la protección de los ecosistemas de humedales. En el caso de los humedales de Bogotá podría beneficiarse de la restauración o rehabilitación ecológica de los humedales, que son actividades que vienen siendo ejecutadas por el Distrito Capital en los humedales, así como en la zona de manejo y protección ambiental del río Bogotá. En este sentido es interesante notar que los proyectos actuales de la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá, se está introduciendo el tema de la restauración de humedales en las políticas de

gestión del agua, así mismo como la elaboración de la Política Nacional de Humedales, como resultado de la adhesión de Colombia a RAMSAR. (EAB, 2003).

En Colombia existe un gran déficit en el tratamiento de aguas residuales, debido a que este proceso de recuperación del recurso hídrico se lleva a cabo, con algunas deficiencias, en grandes centros urbanos y ciudades principales, dejando de lado las pequeñas aglomeraciones que realizan vertimientos de manera directa a fuentes hídricas que son la principal fuente de sostenimiento de especies de flora y fauna, afectando de esta manera el equilibrio ecosistémico; como es el caso del humedal Guaymaral sector noroccidental que se encuentran en la ciudad de Bogotá.

Por otro lado, el Ministerio de Ambiente ha reglamentado las tasas retributivas por medio de su decreto 2667 de 2012 donde se establecen los pagos que deberán realizar al estado las personas o empresas por vertimientos de sustancias contaminantes al agua y que servirían para descontaminar el recurso hídrico; esto funcionará como medida compensatoria por el aprovechamiento del recursos hídrico para sus vertimientos. Dentro del marco de la estrategia se incluyen los planes de ordenamiento territorial, con el fin de establecer los límites del uso del suelo en áreas cercanas a reservas de aguas como es el caso de los humedales.

En el humedal Guaymaral se han generado problemáticas como vertimientos de aguas residuales domésticas y de otras industrias de manera directa a los cuerpos de agua que alimentan el humedal en su sector noroccidental, el uso inadecuado del suelo como la construcción de grandes condominios y espacios recreativos, la tala de árboles, agudizan de forma importante el deterioro ambiental del humedal.

4.1.2 Uso de tecnologías no convencionales

El empleo de tecnologías no convencionales para el tratamiento de aguas residuales vertidas al sector noroccidental del humedal Guaymaral, nace de la necesidad de mitigar el daño que las actividades antrópicas realizadas en la ronda hidráulica, han generado a las aguas del humedal. Las tecnologías no convencionales presentan una serie de ventajas con respecto a las tecnologías convencionales, debido a que presentan un gasto energético mucho menor, son fáciles de mantener, garantizan un funcionamiento eficaz y estable las grandes oscilaciones de caudal y simplifica la gestión de los lodos generados en los procesos de depuración.

Los procesos que intervienen en las tecnologías no convencionales incluyen a muchos de los que se aplican en los tratamientos convencionales como son la sedimentación, filtración, adsorción, precipitación química, intercambio iónico, degradación biológica, entre otros, junto con procesos propios de los tratamientos naturales como fotosíntesis, fotooxidación y asimilación por parte de las plantas, pero a diferencia de las tecnologías convencionales, en las que los procesos transcurren de forma secuencial en tanques y reactores, y a velocidades aceleradas gracias a que se aplica energía; en las tecnologías no convencionales se opera a velocidad natural, sin aporte de energía, desarrollándose los procesos en un único sistema (ALIANZA POR EL AGUA, 2008).

4.2 MARCO TEÓRICO

El vertimiento de las aguas residuales sin tratar a fuentes hídricas trae consigo un sin número de efectos negativos en ellas, como son sedimentación generada por la presencia de sólidos suspendidos, además de que muchos de las partículas sólidas quedan flotando en la superficie; los sólidos sedimentados y los flotantes genera contaminación visual de la fuente hídrica; debido al carácter reductor de la materia

orgánica provoca el agotamiento del oxígeno disuelto presente el agua y de esta manera genera la proliferación de malos olores.

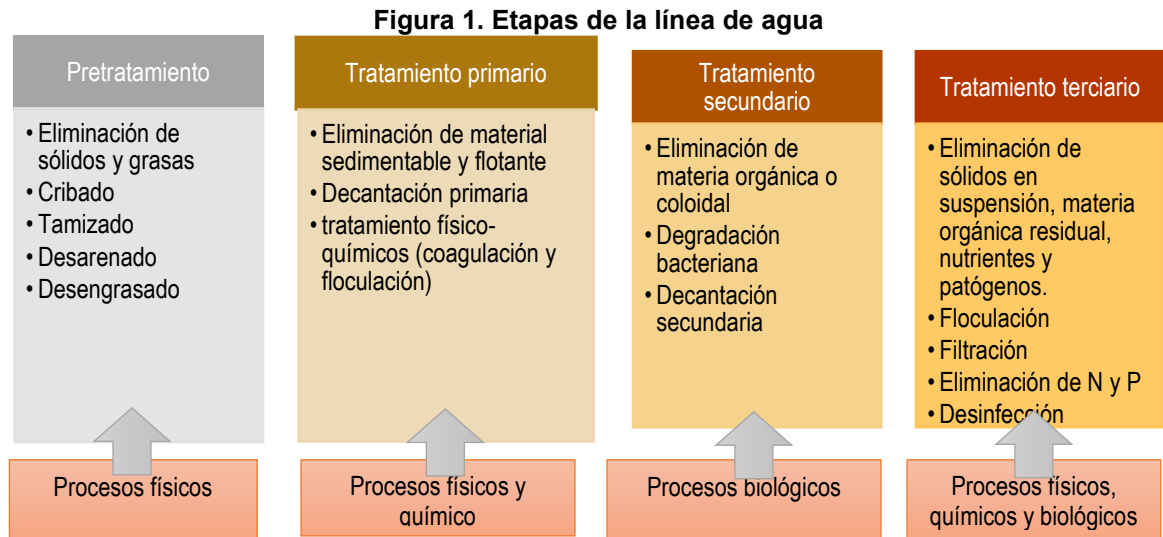
El agotamiento del contenido de oxígeno en el agua es otra de las consecuencias de la contaminación hídrica, los componentes de las aguas residuales fácilmente oxidables comenzaran a ser degradados vía aerobia por la flora bacteriana de las aguas del cauce, con el consiguiente consumo de parte del oxígeno disuelto en la masa líquida; sí este consumo es excesivo, el contenido en oxígeno disuelto descenderá por debajo de los valores mínimos necesarios para el desarrollo de la vida acuática. (ALIANZA POR EL AGUA, 2008)

Por otro lado, se sabe que las aguas residuales contienen nutrientes como nitrógeno y fósforo, lo que causa la aparición de algas y otras plantas en los cuerpos de agua receptores de las aguas sin tratar, lo que se conoce como eutrofización. Otra de las principales afectaciones que causan los vertimientos en tratamiento a fuentes de agua, son los graves daños de salud pública provocando la propagación de vectores, como roedores, además de agentes patógenos como virus, bacterias y demás que puedes afectar de manera directa la salud humana.

El tratamiento de las aguas residuales consta de un conjunto de procesos físicos, biológicos y químicos, cuyo objetivo es realizar la eliminación de la mayoría de contaminantes presentes en las aguas residuales, antes de que éstas sean vertidas a alguna fuente hídrica. Estos tratamientos buscan que las aguas vertidas cumplan con la resolución 0631 de 2015, donde se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones. En los tratamientos convencionales de aguas residuales se identifican dos líneas de tratamiento:

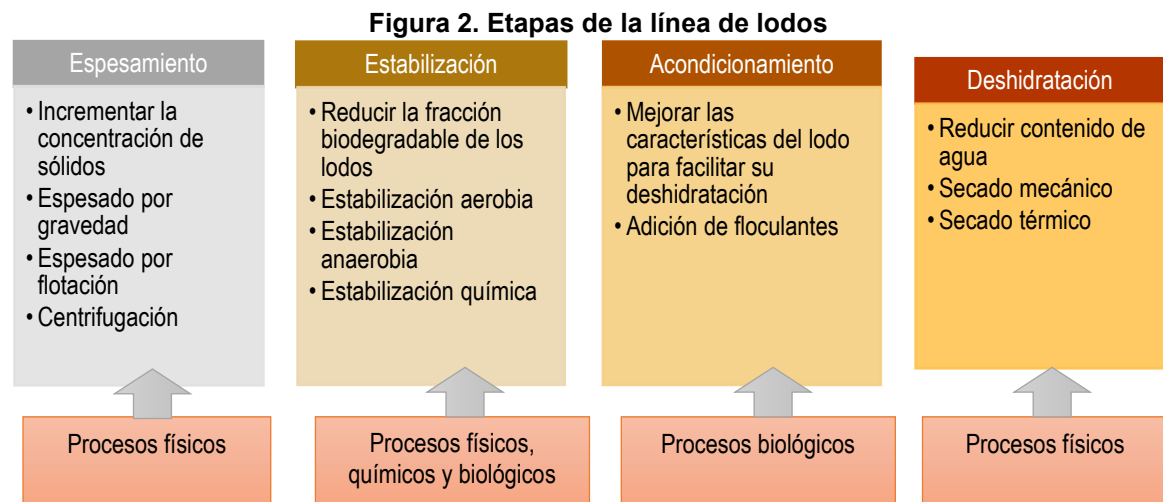
- Línea de agua
- Línea de lodos

Línea de agua: Incluye los procesos que permiten reducir los contaminantes presentes en el agua residual. En la figura 1 se presentan las etapas de la línea de agua.



Fuente: Adaptado del Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas, 2008.

Línea de lodos: Se tratan la mayor parte de los subproductos que se originan de la línea de agua. En la Figura 2, se presentan las etapas de la línea de lodos.



Fuente: Adaptado del Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas, 2008.

Para la selección de las tecnologías no convencionales para el tratamiento de aguas residuales, se debe tener en cuenta que cumplan las siguientes características:

- Presenten un gasto energético mínimo.
- Requieran un mantenimiento simple.
- Garanticen un funcionamiento eficaz, estable frente a las grandes oscilaciones de caudal y carga en el influente a tratar.
- Simplifiquen la gestión de los lodos generados en los procesos de depuración.

Este tipo de tecnologías requiere actuaciones de bajo impacto ambiental, logrando la reducción de la carga contaminante con costes de operación inferiores a los de los tratamientos convencionales y con unas necesidades de mantenimiento sin grandes dificultades técnicas, lo que permite su explotación por personal no especializado. (ALIANZA POR EL AGUA, 2008).

Dentro de las tecnologías no convencionales se pueden identificar, las que recurren al empleo del suelo como elemento depurador (aplicación al terreno), entre estos se identifican los sistemas de aplicación superficial como los filtros verdes; y los sistemas de aplicación subsuperficial como es el caso de las zanjas, lechos y pozos filtrantes. Otras de las tecnologías convencionales son humedales artificiales, en sus distintas modalidades: flujo libre y flujo subsuperficial; y las que tratan de imitar los procesos naturales de depuración que se dan en ríos y lagos, estos son los lagunajes, las que se basan en la filtración de las aguas a tratar a través de un carbón natural, estos se conocen como filtros de turba.

4.3 MARCO LEGAL

En la siguiente tabla se presentan las principales normas como leyes, decretos, resoluciones y acuerdos, entre otros; donde se fundamenta el proyecto, dándole sustento al mismo y que tienen relación con el desarrollo de las actividades del proyecto.

Tabla 1. Matriz legal

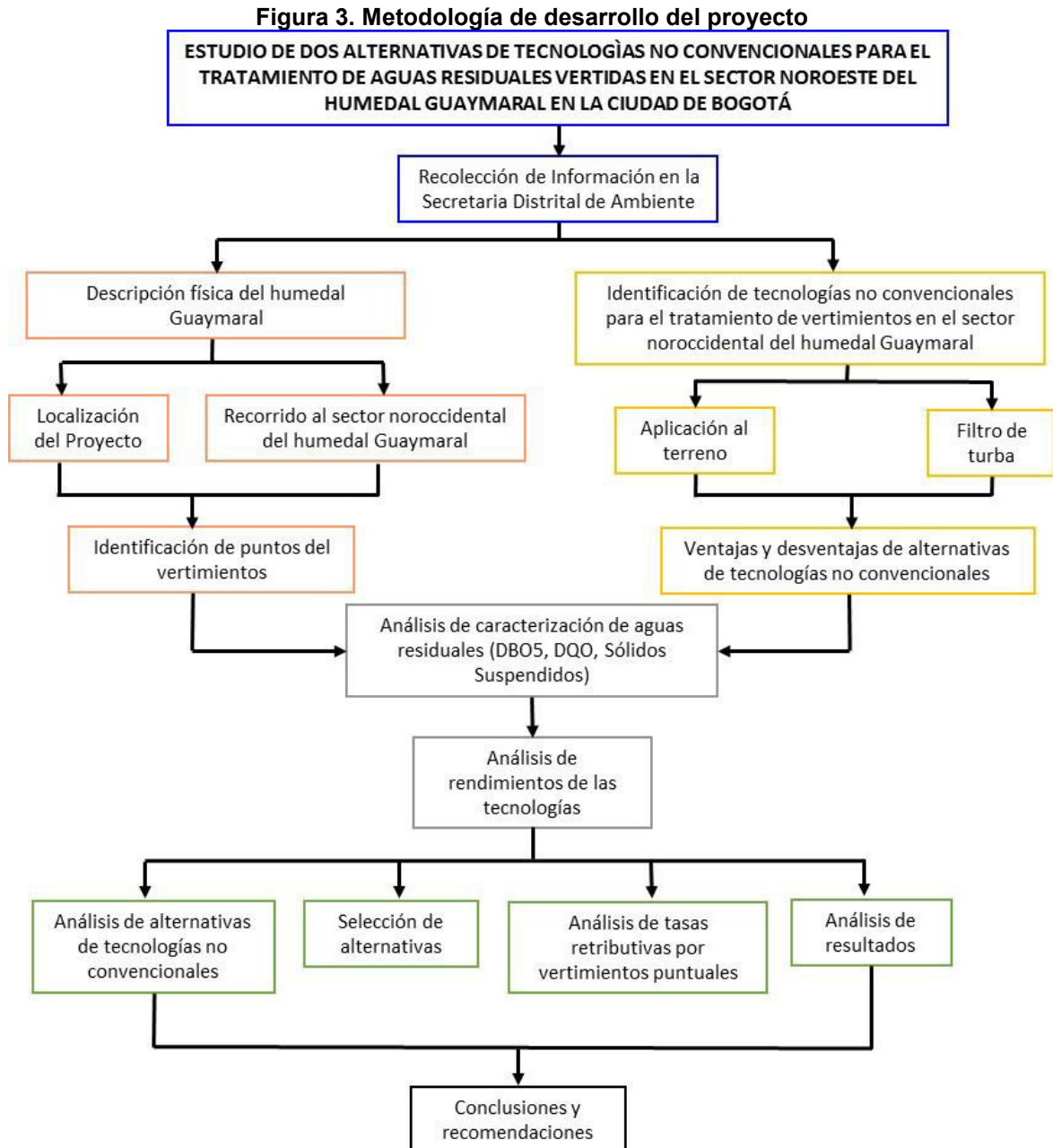
NORMATIVIDAD	DESCRIPCIÓN	ENTE REGULADOR
Resolución 273 de 1997	<p>Por el cual se fijan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos para los parámetros Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y Sólidos Suspendidos Totales (SST).</p> <p>Artículo 1: Establecer en treinta y nueve pesos con cincuenta centavos por kilogramo de carga contaminante (\$39.50/Kg.), el valor de la tarifa mínima de la tasa retributiva por vertimientos puntuales de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).</p> <p>Artículo 2: Establecer en dieciséis pesos con noventa centavos por kilogramo de carga contaminante (\$16.90/Kg.), el valor de la tarifa mínima de la tasa retributiva por vertimientos puntuales de Sólidos Suspendidos Totales (SST).</p>	Ministerio de Vivienda
Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS – 2017. Resolución 330	Titulo E: Tratamiento de Aguas Residuales Capitulo E.4 Sistemas Centralizados	Ministerio de Vivienda
Resolución 287 de 2004	Por la cual se establece la metodología tarifaria para regular el cálculo de los costos de prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado	Comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico
Decreto 4728 de 2010	Por el cual se fijan los parámetros y los límites máximos permisibles de los vertimientos a las aguas superficiales, marinas a los sistemas de alcantarillado público y al suelo.	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Decreto 3930 de 2010	Establece las disposiciones relacionadas con los usos del recurso hídrico, el Ordenamiento del Recurso Hídrico y los vertimientos al recurso hídrico, al suelo y a los alcantarillados.	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Decreto 2667 de 2012	Reglamentar la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del recurso hídrico como receptor de vertimientos puntuales.	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
Resolución 0631 de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

NORMATIVIDAD	DESCRIPCIÓN	ENTE REGULADOR
Decreto 1076 de 2015	Encargado de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y de definir las políticas y regulaciones a las que se sujetarán la recuperación, conservación, protección, ordenamiento, manejo, uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y del ambiente de la Nación, a fin de asegurar el desarrollo sostenible, sin perjuicio de las funciones asignadas a otros sectores.	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Fuente: Elaboración propia, recopilación de normatividad colombiana legal vigente, 2017

5 METODOLOGÍA

La metodología que se llevó a cabo, se presenta en la siguiente figura.

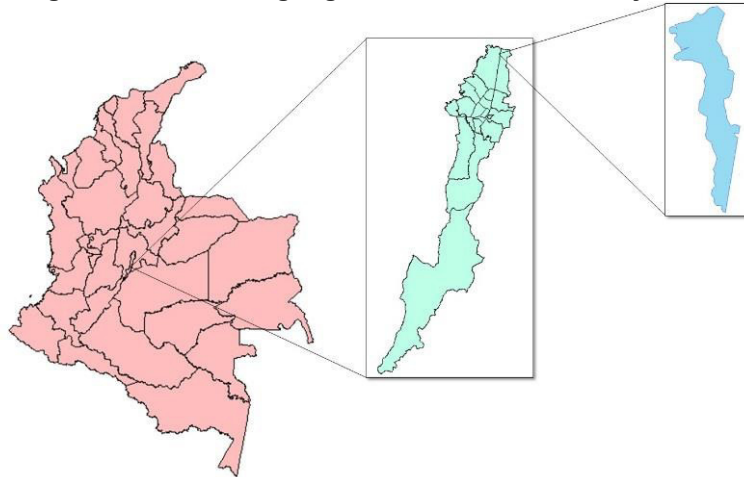


Fuente: Elaboración propia, 2017.

6 DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL HUMEDAL GUAYMARAL

El humedal Guaymaral se encuentra ubicado a los 4°48'11" N, 74°2'26" O, localizado en el borde norte de la ciudad en la localidad de Suba. Limita por el oriente con la Autopista Norte, por el occidente con el Colegio Bilingüe Richmond, la Constructora Botero Ibáñez y CIA, Hacienda la Margarita, por el norte con el centro comercial BIMA y por el sur con el Club Campestre Cafam. Presenta una extensión aproximada de 49.8 Ha un clima de 12.6 °C, y una humedad relativa de 64.3%.

Figura 4. Ubicación geográfica del humedal Guaymaral



Fuente: <https://sites.google.com/site/seriescol/shapes>. Secretaría Distrital de Ambiente. Elaboración propia, 2017.

6.1 MEDIO BIÓTICO

Según el estudio realizado por la Universidad Sergio Arboleda en Cooperación con la Universidad del Bosque, el Instituto de Estudios y Servicios Ambientales y la Red Ambiental de Universidades Sostenibles, en su documento titulado HUMEDAL TORCA-GUAYMARAL: INICIATIVA PARA SU CONSERVACIÓN, indica que la avifauna es la más estudiada, reportándose en un 67% de los registros. Sin embargo, estos estudios se encuentran estrechamente relacionados con el reporte de vegetación registrado en un 47% de las referencias consultadas. Dentro de estos

registros también se reportan especies de fauna terrestre y acuática, en conjunto con todas las especies que son migratorias, residentes y endémicas.

6.1.1 Fauna

En el humedal Guaymaral se han reportado la existencia de variedad de fauna tanto terrestre, acuática y de aves endémicas y migratorias.

6.1.1.1 Avifauna

El ecosistema de humedal permite la presencia de más de 200 especies de aves residentes y migratorias. (Asociación Bogotana de Ornitología, 2000). Según el estudio realizado entre diciembre de 2012 y abril de 2013, se identificaron las siguientes especies en el humedal Guaymaral *Anas discors* (pato canadiense), *Gallinula galeata* (tingua de pico rojo), *Oxyura jamaicensis andina* (pato turrio), *Zonotrichia capensis* (copetón), *Troglodytes aedon* (cucarachero), *Fulica americana columbiana* (tingua de pico amarillo) y *Turdus fuscater* (mirla negra).

Las especies que se encuentran con mayor frecuencia asociadas al ecosistema del humedal Guaymaral permiten observar la diversidad de hábitats y nichos ecológicos que utilizan este ecosistema y evidenciar la importancia que presentan para el funcionamiento de los servicios ecosistémicos del área.

6.1.2 Flora

La vegetación que se presenta en el humedal, es de tipo acuática y semiacuática, estas se pueden identificar según la columna de agua, en vegetación sumergida, vegetación flotante y vegetación emergente. Las especies sumergidas son aquellas que se encuentran totalmente cubiertas de agua, lo que hace que el oxígeno liberado por estas se encuentre dentro de la columna de agua; las especies

flotantes, se encuentran sobre el espejo de agua, estas pueden tener raíces suspendidas o fijadas en el fango; y las especie emergentes cuyas raíces están fijas en el fango y parte de su estructura como tallos, hojas y flores se encuentran fuera del agua.

Las especies emergentes cumplen funciones de filtro para mejorar procesos de floculación y sedimentación, oxigenación del agua, extracción de nutrientes, evitan crecimiento de algas, actúan de barrera contra el viento facilitando la estabilización del agua, aislante térmico y sirven de soporte a microorganismos. Sin embargo, las características mencionadas anteriormente pueden ser perjudiciales para el cuerpo de agua por limitar el paso de luz a la vegetación sumergida, limitar la difusión de oxígeno, aumentar las tasas de evapotranspiración reduciendo sustancialmente el espejo de agua, acelerando la colmatación; situaciones que se presentan en los humedales que permite la proliferación de especies altamente invasivas, principalmente por contaminación, eutrofización, colmatación o rellenos. (LÓPEZ BARRERA, PLATA RANGEL, & FUENTES COTES, 2015).

6.2 HIDROLOGÍA

Sus principales afluentes son el Canal Torca y la Quebrada El Guaco que drena al sector de Guaymaral. El humedal se alimenta con la escorrentía de aguas lluvias que arriban por pequeños canales, pero generalmente viene mezclada con aguas negras. Los dos fragmentos se conectan hidráulicamente por medio de un box coulvert a través de la autopista. El humedal drena sus aguas al río Bogotá, a través del Canal Guaymaral. (LÓPEZ BARRERA, PLATA RANGEL, & FUENTES COTES, 2015).

6.3 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS

El humedal Guaymaral presenta conexiones erradas del sistema de alcantarillado sanitario, permitiendo la entrada de descargas de metales pesados como aluminio, cobre, cromo, níquel, plomo y zinc, además de la contaminación orgánica de todo alcantarillado sanitario doméstico, lo que conlleva a que se presente una tendencia a la eutrofización moderada por carga orgánica, aportes de aguas servidas y niveles tóxicos bajos que evidencian aportes de aguas de calidad no controlada suficientemente. Esta condición de deterioro fue más marcada en el caso de Humedal Guaymaral. (LÓPEZ BARRERA, PLATA RANGEL, & FUENTES COTES, 2015).

6.4 PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

La problemática que sufrió el humedal en los años 50 por la separación de su cuerpo de agua para darle espacio al paso de la Autopista Norte, según datos reportados por la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá - EAB, en el año 2014, el 77% de los predios que se encuentran colindando con el humedal Guaymaral son privados, el 7,4% son del Distrito y el 14,9% son predios que pertenecen a la EAB.

Adicionalmente se puede determinar que el desarrollo de proyectos urbanísticos, educativos y comerciales patrocinados por particulares ha dejado en una difícil posición el objetivo de la conservación y protección del humedal Guaymaral, debido a que estas actividades de desarrollo regional, desequilibran la función ecológica y los servicios ecosistémicos, siendo estos hábitats para especies migratorias y endémicas de este tipo de entorno, toda esta problemática son la consecuencia de todas estas intervenciones, que provienen de actividades antrópicas se ha evidenciado el deterioro de la calidad del agua y la biodiversidad del humedal.

6.4.1 Disposición de residuos sólidos

Una de las problemáticas evidente es la presencia de residuos sólidos en el cuerpo de agua de canal Torca, que descarga sus aguas directamente al humedal Guaymaral. El canal presenta una gran carga de residuos sólidos, ya que muchos de sus especies arbóreas, ubicadas en la ronda de canal han caído sobre este, ocasionando bloqueos y así represando los residuos sólidos que lleva consigo el flujo del agua, como se muestra en las siguientes fotografías.

Fotografía 1. Residuos sólidos en el canal Torca



Fuente: Elaboración propia, 2017.

6.4.2 Vertimientos a la fuente hídrica

El Canal Torca conduce aguas residuales domésticas y no domésticas al humedal Guaymaral, durante su recorrido se pueden identificar una serie de vertimientos de agua residual de manera directa sobre este, haciendo que se generen cambios en el color de sus aguas y proliferación de olores. (Ver Fotografía 2).

Fotografía 2. Canal Torca afectado por vertimientos directos



Fuente: Elaboración propia, 2017.

En sus alrededores hay diversidad de actividades antrópicas que generan residuos y aguas residuales, alterando de manera significativa el hábitat de muchas especies endémicas y transitorias en el humedal Guaymaral. (Ver Fotografía 3).

Fotografía 3. Vertimiento directo sobre el canal Torca



Fuente: Elaboración propia, 2017.

7 CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

La Secretaría Distrital de Ambiente realiza cada dos años monitoreo de los puntos de vertimientos a los cuerpos de agua en el Distrito Capital, como es el caso del humedal Guaymaral. Para el desarrollo del presente estudio se utilizó información suministrada por la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) y expedientes abiertos, donde se le realiza seguimiento a los puntos de los vertimientos que generan las empresas ubicadas en la ronda hidráulica del sector noroccidental del humedal Guaymaral. En la siguiente tabla, se presentan los expedientes para cada una de las empresas.

Tabla 2. Expedientes abiertos a empresas adyacentes al humedal Guaymaral

ID	EMPRESA	EXPEDIENTE
5, 6, 7, 8, 9, 10 y 11	La margarita Inversiones y Eventos S.A.S.	Expediente SDA-8-2014-3529
12	Centro Comercial Bima propiedad horizontal	Expediente SDA-08-2015-6580
2, 3 y 4	Transportadora Escolar Camargo Hermanos y Cía. S.A. Tech S.A.	Expediente SDA-08-2014-2993
1	Gimnasio Campestre La Salette	Expediente SDA-05-2014-2787

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente 2016

Al llevar a cabo la revisión de cada uno de estos expedientes, se pudieron identificar los puntos de vertimientos de estas empresas, cabe aclarar que dichos puntos de descargas se realizan sobre canales de agua que vierten sus aguas al sector noroccidental del humedal Guaymaral.

Tabla 3. Expediente centro comercial BIMA Propiedad Horizontal

USUARIO	CENTRO COMERCIAL BIMA	EXPEDIENTE	DM-05-2006-2591
			SDA-08-2015-65801
DIRECCIÓN	AK 45 # 232 - 35		
CUERPO DE AGUA DONDE VIERTEN	Humedal Guaymaral		
COORDENADAS PUNTOS DE VERTIMIENTO			
NORTE	123494.76	ESTE	104296.21

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente, 2016.

En la Tabla 3, se presenta el expediente correspondiente al centro comercial Bima Propiedad Horizontal, que cuenta con un punto de vertimiento en corredor ecológico de ronda del humedal Guaymaral, incumpliendo lo establecido en literal 5 del artículo 2.2.3.3.4.3 del decreto 1076 de 2015, donde se prohíbe el vertimiento de aguas residuales a cuerpos de agua que la autoridad competente declare total o parcialmente protegidos, de acuerdo con los artículos 70 y 137 del Decreto Ley 2811 de 1974.

Tabla 4. Expediente La Margarita Inversiones y Eventos

USUARIO	LA MARGARITA INVERSIONES Y EVENTOS S.A.S.	EXPEDIENTE	DM-05-2007-612 SDA-08-2014-3529
DIRECCIÓN	AK 51 # 221 - 66		
CUERPO DE AGUA DONDE VIERTEN		Vallado paralelo canal Torca	
COORDENADAS PUNTOS DE VERTIMIENTO			
NORTE	122213.06	ESTE	104103
NORTE	122256.40	ESTE	104093
NORTE	122268.20	ESTE	104088
NORTE	122267.58	ESTE	104086
NORTE	122275.79	ESTE	104085
NORTE	122290.89	ESTE	104078
NORTE	122316.86	ESTE	104063

Fuente: Secretaria Distrital de Ambiente 2015.

En la Tabla 4 se presenta la información del expediente de La Margarita, donde se indica que este establecimiento incumple la normatividad ambiental, debido a que realiza vertimientos al canal paralelo al Torca sin contar con el respectivo permiso de vertimientos. Adicional a esto, esta empresa se encuentra realizando descargas de manera directa a una fuente de agua superficial. Lo que llevo a la Secretaria Distrital de Ambiente iniciará un proceso sancionatorio ambiental.

Tabla 5. Expediente Transportadora Escolar Camargo Hermanos y CIA S.A.

USUARIO	TRANSPORTADORA ESCOLAR CAMARGO HERMANOS Y CIA S.A.	EXPEDIENTE	SDA-08-2014-2993
DIRECCIÓN	AK 52 # 222 - 50		
CUERPO DE AGUA DONDE VIERTEN		RÍO TORCA	
COORDENADAS PUNTOS DE VERTIMIENTO			
NORTE	122507.43	ESTE	103897.88
NORTE	122541.29	ESTE	103930.16
NORTE	122488.38	ESTE	104000.01

Fuente: Secretaria Distrital de Ambiente 2015.

En la Tabla 5, se muestran los datos del expediente correspondiente a Transportadora Escolar Camargo Hermanos y CIA S.A. Teniendo en cuenta los resultados arrojados por el monitoreo, la empresa no cumple con la normatividad ambiental en materia de vertimientos, debido a que no cuenta con permiso de vertimientos para ninguno de los tres puntos.

Tabla 6. Expediente Gimnasio Campestre La Salette

USUARIO	GINASIO CAMPESTRE LA SALETTE	EXPEDIENTE	SDA-05-2014-2787
DIRECCIÓN	AK 52 # 222 - 84		
CUERPO DE AGUA DONDE VIERTEN	Vallado Gimnasio Campestre La Salette		
COORDENADAS PUNTOS DE VERTIMIENTO			
NORTE	122552.314	ESTE	104315.276

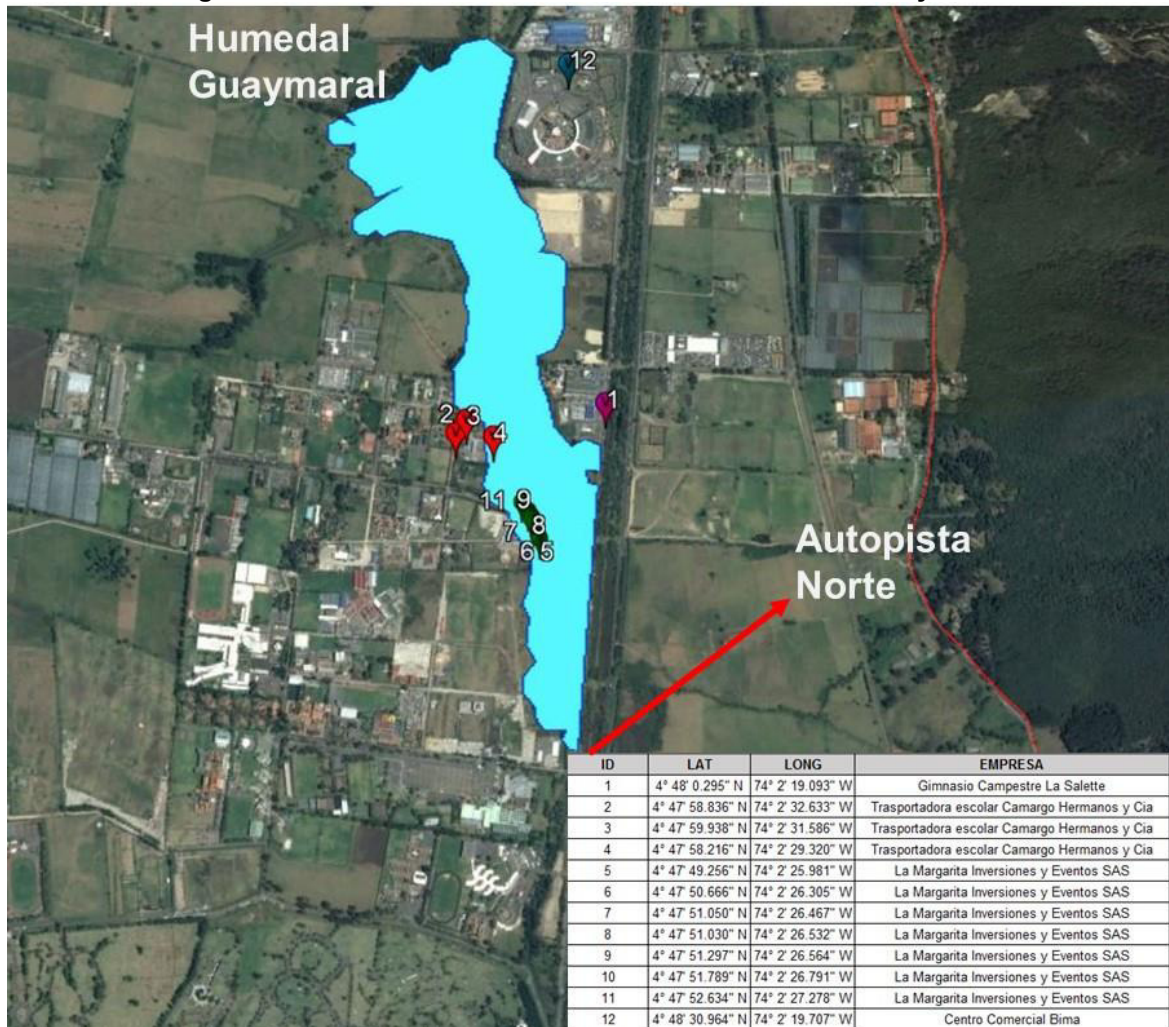
Fuente: Secretaria Distrital de Ambiente 2015.

El Gimnasio no descarga sus aguas residuales a un sistema de alcantarillado, sino que al contrario estas son vertidas a una fuente de agua superficial, que llega al humedal Guaymaral, es decir, tiene afectación directa sobre el corredor ecológico del humedal.

Actualmente la Secretaria Distrital de Ambiente se encuentra realizando los monitores correspondientes del año 2017, debido a que esta actividad la entidad la realiza cada dos años. Sin embargo, en el año 2016 la entidad ejerciendo sus funciones de autoridad ambiental en el Distrito Capital de Bogotá, impuso las medidas preventivas de suspensión a los vertimientos de las empresas mencionadas anteriormente y le mantiene los expedientes abiertos a cada una de estas.

En la Figura 5, se pueden identificar los puntos de vertimientos de cada una de las empresas que tienen expediente abierto por la descarga de sus aguas residuales de manera directa al humedal o en su ronda ecológica.

Figura 5. Ubicación de los vertimientos en el Humedal Guaymaral



Fuente: Secretaria Distrital de Ambiente, Google Earth, Elaboración propia, 2017.

7.1 CARACTERIZACIONES DE AGUAS RESIDUALES AL HUMEDAL GUAYMARAL

Para el año 2015, la Secretaria Distrital de Ambiente realizó monitoreo a tres puntos donde confluyen la mayoría de los vertimientos que descargan sus aguas residuales a los cuerpos de agua superficial que llegan al sector noroccidental del humedal Guaymaral. Las caracterizaciones de agua residual se llevaron a cabo en tres periodos de tiempo, entre los meses de agosto y octubre. En la siguiente tabla se

presentan los resultados del monitoreo realizado, por ANTEK laboratorio certificado por el IDEAM, quienes realizaron la toma y análisis de muestras.

Tabla 7. Monitoreo realizado por la SDA a cuatro puntos de vertimientos sobre el Humedal, en el año 2015

LUGAR DE MUESTREO	TIPO DE MUESTREO	FECHA DE INFORME	PARAMETRO	VALOR	UNIDADES
TO-SSIMON-RCHB (recoge vertimientos de Las Margaritas y otras instituciones como Cafam)	Compuesto	10 de septiembre de 2015	Caudal	241	L/s
			Solidos Suspendedos Totales	28	mg/L
			DBO ₅	40	mg/L O ₂
			DQO	66	mg/L O ₂
		5 de octubre de 2015	Caudal	399	L/s
			Solidos Suspendedos Totales	58	mg/L
			DBO ₅	33	mg/L O ₂
			DQO	45	mg/L O ₂
		13 de noviembre de 2015	Caudal	213	L/s
			Solidos Suspendedos Totales	22	mg/L
			DBO ₅	65	mg/L O ₂
			DQO	108	mg/L O ₂
TO-CL-161-RCHB (recoge vertimientos Tech SA y EL Gimnasio campestre la Salette)	Compuesto	10 de septiembre de 2015	Caudal	49,4	L/s
			Solidos Suspendedos Totales	142	mg/L
			DBO ₅	108	mg/L O ₂
			DQO	180	mg/L O ₂
		22 de septiembre de 2015	Caudal	42,06	L/s
			Solidos Suspendedos Totales	114	mg/L
			DBO ₅	120	mg/L O ₂
			DQO	163	mg/L O ₂
		8 de octubre de 2015	Caudal	43,8	L/s
			Solidos Suspendedos Totales	54	mg/L
			DBO ₅	130	mg/L O ₂

LUGAR DE MUESTREO	TIPO DE MUESTREO	FECHA DE INFORME	PARAMETRO	VALOR	UNIDADES
			DQO	210	mg/L O ₂
TO-BOSQUEP RCHB ((recoge vertimientos del Centro Comercial Bima)	Compuesto	10 de septiembre de 2015	Caudal	8,7	L/s
			Solidos Suspendidos Totales	<8	mg/L
			DBO ₅	8	mg/L O ₂
			DQO	<20	mg/L O ₂
		23 de octubre de 2015	Caudal	14	L/s
			Solidos Suspendidos Totales	<8	mg/L
			DBO ₅	<5	mg/L O ₂
			DQO	<20	mg/L O ₂
		22 de septiembre de 2015	Caudal	10,75	L/s
			Solidos Suspendidos Totales	<8	mg/L
			DBO ₅	<8	mg/L O ₂
			DQO	<20	mg/L O ₂

Fuente: Secretaria Distrital de Ambiente 2015.

Teniendo en cuenta el decreto 2667 de 2012, donde se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, se deben analizar los parámetros de DBO₅ y Sólidos Suspendidos Totales SST, para determinar las cargas contaminantes al igual que los caudales de cada uno de los vertimientos y de esta manera el costo que se tiene por realizar dichos vertimientos.

Adicional a los parámetros presentados en la Tabla 7, la Secretaria Distrital de Ambiente realizó el análisis de parámetros como nitritos, nitratos y fósforo que se podrán evidenciar en su totalidad en el Anexo 1

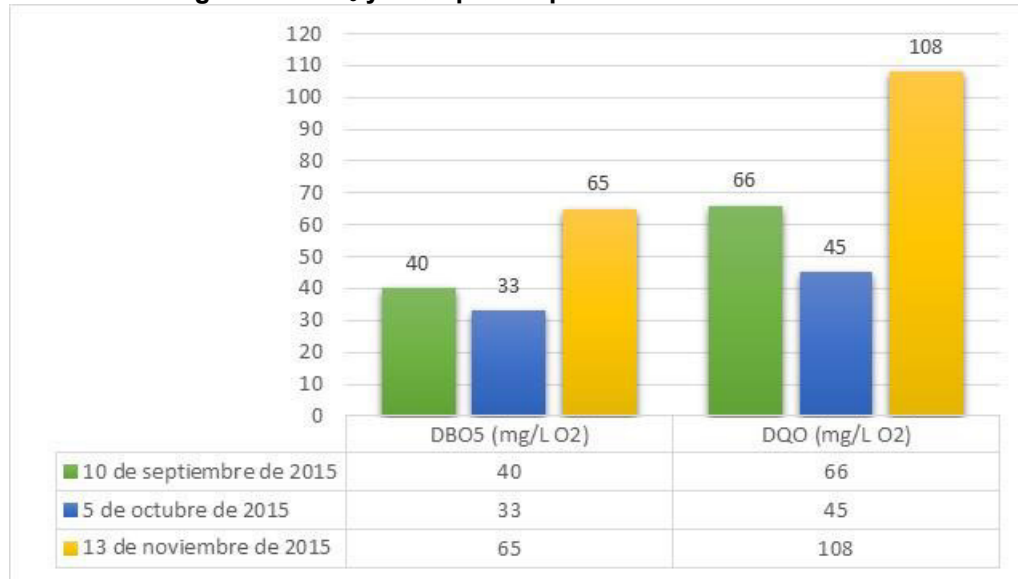
7.2 ANÁLISIS DE CARACTERIZACIONES

El desarrollo de diversas actividades antrópicas en los alrededores del humedal Guaymaral, ha generado que se presenten vertimientos de manera directa, es decir, sin ningún tipo de tratamiento al agua superficial del humedal, más exactamente al canal Torca que conecta con este. Todo esto ha llevado que las aguas residuales que se vierten presenten altos contenidos de sólidos suspendidos, concentración de materia orgánica medidos por análisis de DBO₅ y DQO. A continuación se realizará el análisis de puntos de vertimientos donde la Secretaria Distrital de Ambiente llevó a cabo el monitoreo para las descargas directas de aguas residual a los canales superficiales que conducen al humedal Guaymaral.

Teniendo en cuenta que existe variedad de actividades en la ronda hidráulica del Humedal Guaymaral, se pueden presentar variaciones en los parámetros analizados en puntos de vertimientos puntuales sobre el canal Torca. A continuación se realizará el análisis de los vertimientos estudiados, teniendo como base la Resolución 631 de 2015.

En el punto identificado como TO-SSIMON-RCHB, presentó las siguientes características con respecto a DBO₅, DQO y Sólidos Suspendidos:

Figura 6. DBO₅ y DQO para el punto TO-SSIMON-RCHB



Fuente: Elaboración propia 2017.

Figura 7. Sólidos Suspendidos Totales para el punto TO-SSIMON-RCHB



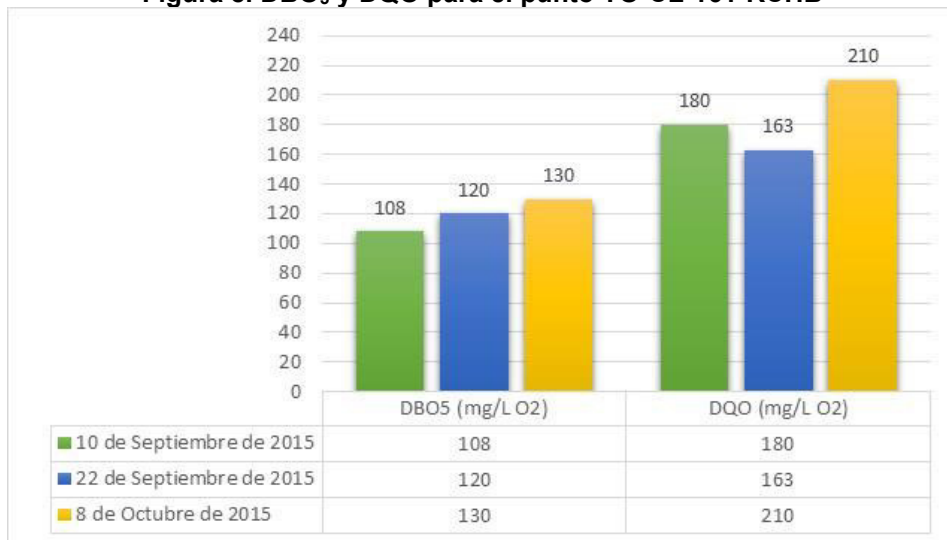
Fuente: Elaboración propia, 2017.

Según la Resolución, las aguas que se descargan de estos puntos no son Aguas Residuales Domésticas, ya que, como se mencionó anteriormente existe variedad de actividades como comerciales, institucional e industrial en la ronda hidráulica del humedal. Sin embargo, para el punto TO-SSIMON-RCHB, los parámetros de DBO₅, DQO y Sólidos Suspendidos Totales, se encuentran dentro de los niveles permisibles en la resolución 631 de 2015.

Para el caso del punto denominado como TO-CL-161-RCHB, se puede identificar que tanto la DBO₅ y la DQO, se encuentran por encima de los parámetros establecidos por la Resolución. Con base a los datos se observa que, en el monitoreo realizado en el mes de octubre, se presentaron los mayores niveles de presencia de materia orgánica, sobrepasando los niveles máximos permisibles.

La principal problemática que se puede presentar con el aumento de estos parámetros, teniendo en cuenta que el agua residual contiene materia orgánica en gran concentración, y esta al ser descargada a las fuentes de agua superficial, como sucede en el caso del canal Torca, la materia orgánica es degradada por los microorganismos y ocasiona que se consuma el oxígeno, eliminando a la fauna acuática. Por otro lado, la materia orgánica, es un puente para la proliferación de agentes patógenos, lo que hace que el agua con altos niveles de DBO₅ sea un foco de infección, generando así problemas de salud pública.

Figura 8. DBO₅ y DQO para el punto TO-CL-161-RCHB



Fuente: Elaboración propia, 2017.

En cuanto a los Sólidos Suspendidos Totales, se puede ver que en el monitoreo realizado en el mes de septiembre se evidencia el nivel máximo. Este parámetro supera los valores permisibles por la Resolución 631 de 2015.

Figura 9. Sólidos Suspendidos Totales para el punto TO-CL-161-RCHB

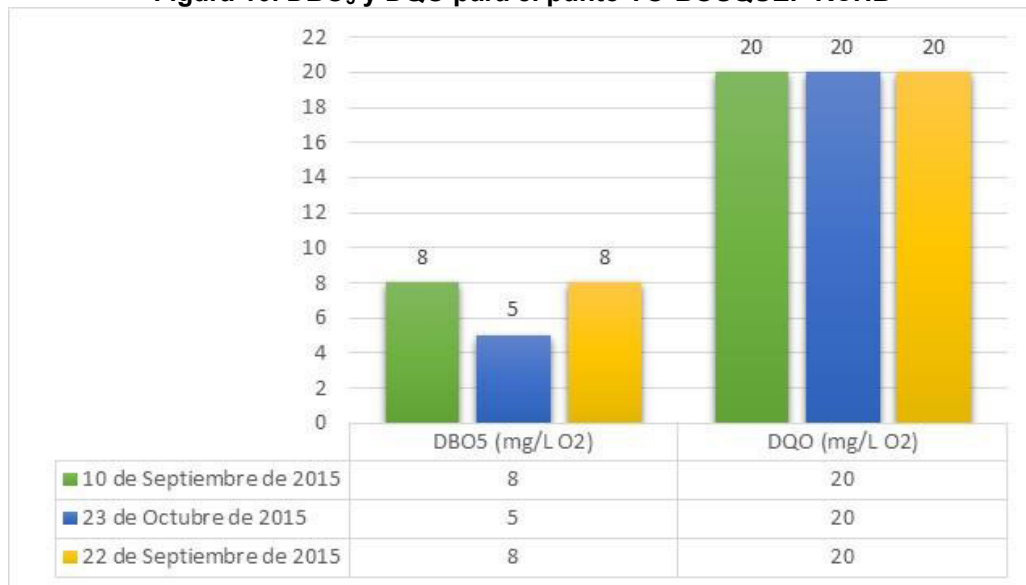


Fuente: Elaboración propia, 2017.

Las altas concentraciones de sólidos suspendidos, se depositan en el fondo de los cuerpos de agua, cubriendo algunos organismos acuáticos de fauna y flora, y larvas de macroinvertebrados. Todo este depósito de sólidos sedimentados puede impedir la transferencia de oxígeno causando la muerte de organismos. Por otro lado, las concentraciones de contaminación pueden ser absorbidas por los sólidos suspendidos y de esta manera son transportados a otros cuerpos de agua. Como es el caso de los sólidos presentes en estos vertimientos, sobre el canal Torca, conduciendo la carga contaminante al humedal Guaymaral.

Otra de los vertimientos que la Secretaria Distrital de Ambiente al que le realizó monitores es al que denominaron TO-BOSQUEP RCHB, este análisis no arrojó datos significativos en cuanto a DBO₅, DQO y Sólidos Suspendidos Totales, como se muestra a continuación.

Figura 10. DBO₅ y DQO para el punto TO-BOSQUEP RCHB



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Figura 11. Sólidos Suspendidos Totales para el punto TO-BOSQUEP RCHB



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Otro de los parámetros que se analizaron fueron el fósforo total, nitritos, nitratos y nitrato amoniacal. La presencia de fósforo en el agua residual proviene de fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento. Excreciones humanas y de animales o la presencia de detergentes y productos de limpieza. La presencia de

nitrito amoniacal en esta agua residual, indica que en la ronda hidráulica del humedal Guaymaral existen industrias y actividades relacionadas de los aseos o lavados. En la Fotografía 4 se puede apreciar unos de los vertimientos de aguas residuales que sufre uno de los afluentes del humedal Guaymaral en el sector noroccidental.

Fotografía 4. Descarga sobre canal Torca – Sector Cafam



Fuente: Elaboración propia, 2017.

El nitrógeno amoniacal se produce por descomposición de la urea, compuesto siempre presente en las aguas residuales sanitarias, por hidrólisis enzimática. Esta descomposición da como productos NH_3 (amoníaco disuelto) y NH_4^+ (ión amonio). La hidrólisis es rápida, por lo que la urea raramente está presente en aguas residuales que no sean muy recientes. De hecho, la edad de un agua residual puede medirse en función de la proporción de amoníaco presente. (LÓPEZ, 2010).

7.2.1 Análisis de carga contaminante para tasas retributivas

Con base al principio del que contamina paga el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible ha establecido por medio de su Decreto 2667 de 2012, los valores económicos estipulados para las cargas contaminantes por DBO_5 y sólidos suspendidos totales, en la Tabla 8 se presentan los valores por carga contaminante.

Tabla 8. Tasa retributiva por vertimientos puntuales 2010-2017

AÑO	DBO(\$/Kg)	SST (\$/Kg)	IPC año anterior
2010	106,05	45,35	2,00
2011	109,41	46,79	3,17
2012	113,49	48,53	3,73
2013	116,26	49,72	2,44
2014	118,52	50,68	1,94
2015	122,86	52,54	3,66
2016	131,17	56,09	6,77
2017	138,72	59,32	5,75

Fuente: Ministerio de Ambiente, 2017.

La tasa retributiva por vertimientos puntuales, es un instrumento económico que cobrará la autoridad ambiental competente a los usuarios por la utilización del recurso hídrico como receptor de vertimientos puntuales directos o indirectos y se cobrará por la totalidad de la carga contaminante descargada al recurso hídrico. La tasa retributiva se cobra incluso a la contaminación causada por encima de los límites permisibles sin perjuicio de la imposición de las medidas preventivas y sancionatorias a que haya lugar. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).

Las tasas retributivas se obtienen a partir de los caudales que se presentan en los vertimientos y la concentración del contaminante, como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\text{Concentración} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{L}} \right) * \text{Caudal} \left(\frac{\text{L}}{\text{d}} \right) = \text{Carga} \left(\frac{\text{Kg}}{\text{d}} \right) \quad (1)$$

Para los puntos analizados por la SDA, se realizó la proyección de las tasas retributivas que deberían de pagar cada una de las empresas que contaminan las fuentes hídricas que descargan en el sector noroccidental del humedal Guaymaral, a continuación, se presentan los que se debería pagar asumiendo que el muestreo se hubiera realizado en el año 2017.

Tabla 9. Tasas retributivas para el vertimiento TO-SSIMON-RCHB

TO-SSIMON-RCHB	FECHA	CAUDAL (L/s)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	
	10 de septiembre de 2015		241,00	66,00	28,00
		CAUDAL (L/d)	DBO ₅ (Kg/L)	SST (Kg/L)	
		20822533,26	0,000066	0,0000280	
	Carga de DBO (Kg/día)	Carga SST (Kg/día)	DBO ₅ (\$/Kg-día)	SST (\$/Kg-día)	
	1374,29	583,03	\$ 190.641,12	\$ 34.585,39	
	FECHA	CAUDAL (L/s)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	
	5 de octubre de 2015		399,00	45,00	58,00
		CAUDAL (L/d)	DBO ₅ (Kg/L)	SST (Kg/L)	
		34473820,63	0,000045	0,0000580	
	Carga de DBO (Kg/día)	Carga SST (Kg/día)	DBO ₅ (\$/Kg-día)	SST (\$/Kg-día)	
	1551,32	1999,48	\$ 215.199,38	\$ 118.609,25	
	FECHA	CAUDAL (L/s)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	
	13 de noviembre de 2015		213,00	65,00	22,00
		CAUDAL (L/d)	DBO ₅ (Kg/L)	SST (Kg/L)	
18403317,78		0,000065	0,0000220		
Carga de DBO (Kg/día)	Carga SST (Kg/día)	DBO ₅ (\$/Kg-día)	SST (\$/Kg-día)		
1196,22	404,87	\$ 165.939,04	\$ 24.017,07		

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Como se puede observar en la Tabla 9, en promedio las empresas que vierten agua residual al cuerpo de agua superficial deberían pagar un valor aproximado de \$190.593 por la carga contaminante de DBO₅ por día y por los Sólidos Suspendedos Totales un valor de \$59.070 diarios.

Tabla 10. Tasas retributivas para el vertimiento TO-CL-161-RCHB

TO-CL-161-RCHB	FECHA	CAUDAL (L/s)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	
	10 de septiembre de 2015		49,40	108,00	142,00
		CAUDAL (L/d)	DBO ₅ (Kg/L)	SST (Kg/L)	
		4268187,32	0,000108	0,0001420	
	Carga de DBO (Kg/día)	Carga SST (Kg/día)	DBO ₅ (\$/Kg-día)	SST (\$/Kg-día)	
	460,96	606,08	\$ 63.944,96	\$ 35.952,82	
	FECHA	CAUDAL (L/s)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	
	22 de septiembre de 2015		42,06	120,00	114,00
		CAUDAL (L/d)	DBO ₅ (Kg/L)	SST (Kg/L)	
		3634007,26	0,000120	0,0001140	
Carga de DBO (Kg/día)	Carga SST (Kg/día)	DBO ₅ (\$/Kg-día)	SST (\$/Kg-día)		
436,08	414,28	\$ 60.493,14	\$ 24.574,90		

	FECHA	CAUDAL (L/s)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)
	8 de octubre de 2015	43,80	130,00	54,00
		CAUDAL (L/d)	DBO ₅ (Kg/L)	SST (Kg/L)
		3784344,22	0,000130	0,0000540
	Carga de DBO (Kg/día)	Carga SST (Kg/día)	DBO ₅ (\$/Kg-día)	SST (\$/Kg-día)
	491,96	204,35	\$ 68.245,35	\$ 12.122,31

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la Tabla 10, se presentan los valores de tasas retributivas para el punto denominado como TO-CL-161-RCHB, en promedio las empresas que vierten agua residual al cuerpo de agua superficial deberían pagar un valor aproximado de \$64.227 por la carga contaminante de DBO₅ por día, mientras que por Sólidos Suspendidos Totales un valor de \$24.216 diarios.

Mientras que para el punto de vertimiento identificado como TO-BOSQUEP-RCHB, los valores tanto para la cara de DBO₅ como para la Sólidos Suspendidos Totales oscila entre \$500 y \$800 diarios, ya que es punto que no presenta un caudal significativo con un promedio aproximado de 11.15 L/s, lo que influye en que la carga contaminante no sea significativa, haciendo que los valores a pagar sean mínimos.

Tabla 11. Tasas retributivas para el vertimiento TO-BOSQUEP-RCHB

	FECHA	CAUDAL (L/s)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)
TO-BOSQUEP-RCHB	10 de septiembre de 2015	8,70	8,00	8,00
		CAUDAL (L/d)	DBO ₅ (Kg/L)	SST (Kg/L)
		752030,41	0,000008	0,0000080
	Carga de DBO (Kg/día)	Carga SST (Kg/día)	DBO ₅ (\$/Kg-día)	SST (\$/Kg-día)
	6,02	6,02	\$ 834,57	\$ 356,88
	FECHA	CAUDAL (L/s)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)
	22 de septiembre de 2015	10,75	5,00	8,00
		CAUDAL (L/d)	DBO ₅ (Kg/L)	SST (Kg/L)
		928805,94	0,000005	0,0000080
	Carga de DBO (Kg/día)	Carga SST (Kg/día)	DBO ₅ (\$/Kg-día)	SST (\$/Kg-día)
	4,64	7,43	\$ 644,22	\$ 440,77
	FECHA	CAUDAL (L/s)	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)
	23 de octubre de 2015	14,00	5,00	8,00
CAUDAL (L/d)		DBO ₅ (Kg/L)	SST (Kg/L)	

		1209607,74	0,000005	0,0000080
	Carga de DBO (Kg/día)	Carga SST (Kg/día)	DBO₅(\$/Kg-día)	SST (\$/Kg-día)
	6,05	9,68	\$ 838,98	\$ 574,03

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En las siguientes gráficas, se puede evidenciar el comportamiento de las cargas contaminantes por DBO₅ y SST en los diferentes punto de vertimientos estudiados por la SDA, donde el punto que presenta menor carga contaminante es el denominado TO-BOSQUEP-RCHB, punto donde confluyen vertimientos algunos vertimientos pequeños, entre los que se encuentra el Colegio La Salette.

Figura 12. Comparación de cargas contaminantes en puntos de vertimientos



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Lo que se busca con el pago de tasas retributivas, es incentivar el buen manejo de agentes contaminantes en los vertimientos de agua residual a las fuentes de agua superficial y de esta forma generar conciencia del daño ambiental que provocan las diferentes actividades antrópicas desarrolladas a diario en la ronda hidráulica del sector noroccidental del humedal Guaymaral.

8 TECNOLOGIAS NO CONVENCIONALES PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

El tratamiento de aguas residuales con tecnologías no convencionales, se ha convertido en una alternativa con el fin de minimizar el impacto negativo que tiene el vertimiento de estas aguas a cuerpos de agua. Para el caso del humedal Guaymaral se plantean dos alternativas para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de diferentes empresas que realizan sus actividades en cercanías a este y usan el humedal con fuente receptora de sus vertimientos.

La primera alternativa es el sistema de tratamiento de aguas residuales por aplicación al terreno y el tratamiento de aguas residuales por filtro de turba; en el presente capítulo se realizará la descripción de cada una de estas tecnologías, con el fin de conocer el fundamento y su funcionamiento, con el fin de realizar un análisis de cual tecnologías es la más apropiada para el tratamiento de las aguas residuales vertidas al humedal Guaymaral.

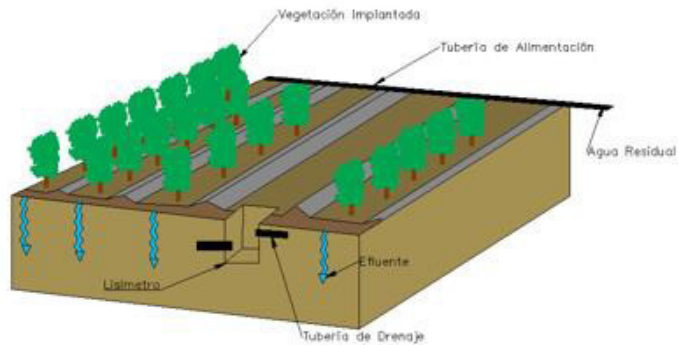
8.1 SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES POR APLICACIÓN AL TERRENO

En este proceso el agua residual se aplica al terreno a través de surcos, con el fin de mantener el terreno al que se aplican las aguas, en condiciones aerobias, se deben tener ciclos de aplicación que oscilen entre 4 y 10 días. Las cargas bajas que se aplican, la presencia de vegetación y del ecosistema que se asocia al suelo, hacen que los sistemas de baja carga presenten mejores rendimientos en el tratamiento de aguas residuales.

El caso de los filtros verdes, se usa la superficie terrestre donde se implanta una especie forestal y es en este donde se aplica el agua residual, como se muestra en la Figura 13.

En un filtro verde se producen dos procesos de depuración natural, la que tiene lugar en el suelo, que se conoce como edafodepuración y la realizada por las plantas implantadas conocido como macrofitodepuración.

Figura 13. Esquema de un filtro verde



Fuente: Adaptado manual de depuración de aguas residuales urbanas. Elaboración propia, 2017.

- Edafodepuración: es el proceso de depuración natural realizado por el suelo, que se constituye como un soporte inerte de microflora y fauna bacteriana, lo que permite una depuración biológica a gran escala. La degradación tiene lugar en las capas superiores del suelo, ya que estas son las que se encuentran biológicamente activas, siendo el aire que se encuentra contenidas en las mismas la fuente de oxígeno del proceso; también se debe tener en cuenta que el suelo actúa como filtro para los sólidos suspendidos. (GONZÁLEZ DELGAO, OROZCO BARRENETXEA, PÉREZ SERRANO, ALFAYATE BLANCO, & RODRIGUEZ VIDAL, 2008).
- Macrofitodepuración: es el proceso de depuración natural llevado a cabo por las plantas superiores, conocidas como macrofitas, al absorber materia orgánica, nutrientes y sales minerales del agua residual. Este proceso es realizado por las microalgas en los sistemas de lagunaje. (GONZÁLEZ DELGAO, OROZCO BARRENETXEA, PÉREZ SERRANO, ALFAYATE BLANCO, & RODRIGUEZ VIDAL, 2008).

La depuración de las aguas se consigue por la combinación de una serie de acciones físicas, químicas y biológicas, que tienen lugar en el discurrir de las aguas a través de las capas del terreno. La especie arbórea más comúnmente empleada en los filtros verdes es el chopo, aunque en la actualidad se comienza a trabajar también con eucaliptos. (ALIANZA POR EL AGUA, 2008).

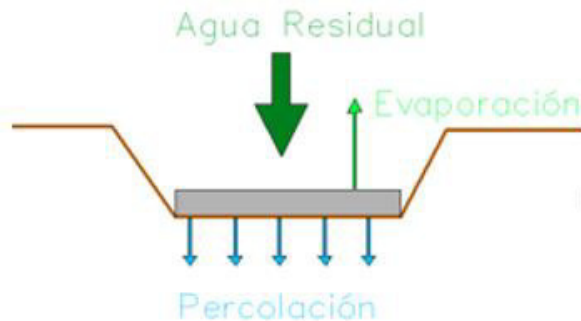
El terreno en el que se implanta el filtro verde se subdivide en una serie de parcelas, que se riegan de forma rotativa, generalmente mediante riego a manta o por surcos. Esta rotación en los riegos permite la reoxigenación natural de las parcelas tras los períodos de encharcamiento.

Con esta tecnología de depuración, las aguas depuradas no son reutilizables de forma inmediata, sino que se infiltran en el terreno y se acaban incorporando a los acuíferos. Para controlar la calidad de las aguas que se infiltran es necesario instalar, dentro la parcela en la que se implanta el filtro verde, una red de lisímetros, que permita la recogida de muestras a diferentes profundidades. (ALIANZA POR EL AGUA, 2008).

Infiltración rápida: Las aguas residuales pre-tratadas se aplican intermitentemente al terreno, generalmente mediante balsas de infiltración de poca profundidad. La alternancia de las balsas en operación permite mantener en condiciones de aerobiosis las primeras capas del sustrato filtrante. Dado que se opera con cargas hidráulicas superiores a las que se emplean en los procesos de baja carga, los sistemas de infiltración rápida precisan terrenos que presenten una mayor permeabilidad.

Al trabajar con cargas hidráulicas elevadas, las pérdidas por evaporación tan sólo suponen una pequeña fracción del agua aplicada, percolando la mayor parte del agua a través del terreno, lográndose en este tránsito la reducción de los

Figura 14. Esquema de un proceso de infiltración rápida



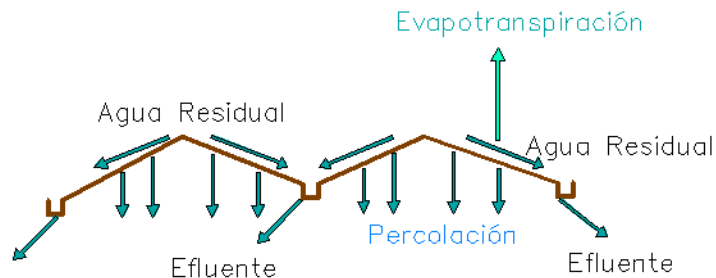
Fuente: Adaptado manual de tecnologías no convencionales para la depuración de aguas residuales. Elaboración propia, 2017.

contaminantes presentes en las aguas. Los sistemas de infiltración rápida alcanzan menores rendimientos de depuración que los procesos de baja carga, como consecuencia de las mayores cargas hidráulicas que se aplican y de la menor capacidad de retención de los suelos permeables que se emplean, en la Figura 14 se presenta el proceso de infiltración

rápida. (SALAS RODRÍGUEZ, PIDRE BOCARDO, & MARTÍN GARCÍA, 2001).

Riego superficial: también conocido como escorrentía superficial, se emplea en terrenos poco permeables, como los arcillosos. El agua residual aplicada superficialmente o por aspersion se deja fluir sobre terrenos con una suave pendiente, habitualmente entre 2% y 4% que están cubiertos de vegetación, recogiendo el efluente por unos canales que se encuentran ubicados a los extremos del terreno. En la Figura 15 se presenta el proceso de riego superficial.

Figura 15. Esquema de riego superficial



Fuente: Adaptado manual de tecnologías no convencionales para la depuración de aguas residuales. Elaboración propia, 2017.

Dentro de este sistema la aplicación de las aguas se puede realizar por aspersión o por método superficiales, como son las tuberías que presentan orificios que realizan el reparto del agua. Se debe tener en cuenta que en este sistema se recurre a los estratos subsuperficiales relativamente impermeables, lo que indica que el agua percolada no tiene mayor importancia, sino el que se puede recolectar en forma de escorrentía superficial.

Sistema de aplicación subsuperficial al terreno: En los sistemas de aplicación subsuperficial, el agua a tratar se somete a un tratamiento previo, normalmente en una fosa séptica o tanque Imhoff, para posteriormente aplicarla al terreno por debajo de su superficie. (ALIANZA POR EL AGUA, 2008).

Lo que se busca con este sistema es lograr la depuración de aguas residuales, mediante múltiples procesos físicos, químicos y biológicos, que se presentan en el terreno. Dentro de las cualidades del suelo se debe contemplar la capacidad de infiltración como el principal parámetro, para el dimensionamiento de este tipo de sistema.

El tratamiento inicial consiste en que las aguas sean sometidas a un tratamiento primario, como las rejillas de limpieza manual (cribado) y fosas sépticas o tanques Imhoff. La aplicación del agua residual al suelo debe realizarse de forma intermitente, para permitir la necesaria aireación del terreno, imprescindible para la degradación bacteriana vía aerobia. En la siguiente tabla se presentan los diferentes sistemas de aplicación subsuperficial.

Tabla 12. Sistemas de depuración mediante aplicación subsuperficial

TIPO DE SISTEMA	FUNCIONAMIENTO
Zanjas Filtrantes	El agua a tratar se distribuye subterráneamente a través de tuberías de drenaje, que se disponen en zanjas de profundidad inferior a 1 m y de anchura comprendida entre 0,4 – 0,8 m. Las tuberías de reparto se recubren con grava y en la parte inferior se disponen en lecho de arena. La superficie de infiltración está constituida por el fondo de las zanjas.

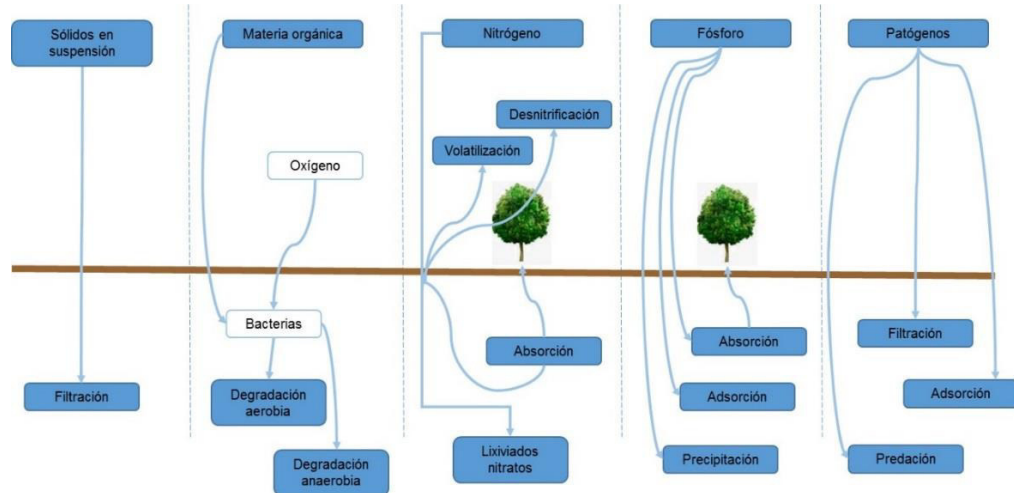
TIPO DE SISTEMA	FUNCIONAMIENTO
Lechos Filtrantes	En este caso la superficie de filtración presenta un ancho mayor entre 0,9 y 2 m, dando lugar a lechos de grava que se alimentan mediante varias tuberías perforadas. Con esta disposición la superficie filtrante está constituida únicamente por el fondo del lecho.
Pozos filtrantes	En aquellos casos en los que el nivel freático es profundo, es decir, que sea mayor a 4 metros, pueden construirse pozos, en los que la superficie vertical filtrante es mucho mayor que la horizontal, por lo que este tipo de sistema precisa una menor superficie para su implantación con relación a las zanjas y a los lechos filtrantes.
Filtros Intermitentes de Arena Enterrados	En estas unidades el lecho de arena filtrante presenta un espesor que oscila entre 0,6 y 1,0 m y descansa sobre una capa de grava, en la que se ubican las tuberías de recogida del efluente depurado. Los filtros se disponen excavados en el terreno y en su parte superior se extiende una capa de tierra vegetal, por lo que la integración ambiental es máxima. Las aguas residuales pre-tratadas se reparten sobre la superficie del filtro mediante el empleo de tuberías perforadas.

Fuente: Adaptado manual de tecnologías no convencionales para la depuración de aguas residuales. Elaboración propia, 2017.

8.1.1 Mecanismos de depuración

En el sistema de aplicación al terreno, participan de manera activa el suelo, el agua y las plantas, interactuando entre ellas para realizar la depuración del agua residual, donde se eliminan casi que en su totalidad todos los contaminantes presentes en ella. En la siguiente figura se presentan las transformaciones que sufren los contaminantes del agua residual a través del suelo.

Figura 16. Transformaciones que sufren los contaminantes del agua residual a través del suelo



Fuente: Adaptado manual de tecnologías no convencionales para la depuración de aguas residuales. Elaboración propia, 2017.

Procesos físicos: La principal característica para este proceso es la capacidad filtrante del suelo, ya que, por medio de este, se retienen la mayor cantidad de sólido suspendidos en los primeros centímetros del terreno. Para que el proceso de eliminación de sólidos suspendidos se recomienda que el suelo presenta una granulometría fina, que garantizará mayor rendimiento y será más efectiva. (ALIANZA POR EL AGUA, 2008)

Procesos químicos: Dentro de los procesos químicos sobresale la capacidad de intercambio iónico, el pH y las condiciones de aireación; gracias a la interacción de estos procesos los contaminantes de las aguas residuales se podrán encontrar de manera asimilable por las plantas, lo que hace que estos se inmovilicen en el suelo y de esta manera se pierda por el proceso de percolación. (ALIANZA POR EL AGUA, 2008)

Procesos biológicos: Dentro de este proceso intervienen dos componentes, el primero son las raíces de las plantas que actúan como agentes aspirantes, a extraer del suelo el agua y las sales minerales para su correcto desarrollo, lo aportes provienen de las aguas residuales; y el segundo son los microorganismos del suelo, donde intervienen las acciones de las bacterias, hongos, algas y protozoos, que no sólo descomponen la materia orgánica aportada por el agua residual sino que también recicla los nutrientes. (ALIANZA POR EL AGUA, 2008)

Al convertir la superficie terrestre en un filtro verde, las condiciones serán óptimas para llevar a cabo una biocenosis, lo que hace que se incremente las tasas de eliminación de los organismos patógenos aportados por el agua residual. A continuación, se presenta los mecanismos básicos implicados en la eliminación de los principales contaminantes presentes en las aguas residuales. (SALAS RODRÍGUEZ, PIDRE BOCARDO, & MARTÍN GARCÍA, 2001)

Figura 17. Mecanismos básicos para la eliminación de los contaminantes presentes en las aguas residuales



Fuente: Elaboración propia, 2017.

8.1.2 Rendimientos

Con base al Manual de Depuración de Aguas Residuales Urbanas, emitido por la ALIANZA POR EL AGUA en el año 2008, se presentan las características de los efluentes de los diferentes tipos de tratamiento por aplicación al terreno.

Tabla 13. Características de los efluentes de los diferentes tipos de tratamiento por aplicación al terreno

	Baja Carga		Infiltración Rápida		Riego Superficial	
	Media	Máximo	Media	Máximo	Media	Máximo
Sólidos en suspensión (mg/l)	<1	<5	0.5	<5	15	<25
DQO (mg/l)	<2	<5	2	<5	10	<15
Nitrógeno amoniacal (N) (mg/l)	<0.5	<2	0.5	<2	1	<3
Nitrógeno total (N)(mg/l)	3	<8	10	<20	5	<8
Fósforo total (P)(mg/l)	<0.1	<0.3	1	<5	4	<6

Fuente: Manual de tecnologías no convencionales para la depuración de aguas residuales, 2008.

El sistema de carga baja, se realiza por medio de la percolación que se lleva a cabo a través de 1.5 metros de suelo; la infiltración rápida se realiza por medio de la

percolación a través de 4.5 metros de suelo; y el riego superficial se lleva a cabo con la escorrentía a lo largo de 45 metros de pendiente.

En la Tabla 14, se muestran los rendimientos de depuración (%) que se obtienen a partir de la implementación de los sistemas de aplicación superficial al terreno

Tabla 14. Rendimientos de depuración de los Sistemas de Aplicación Superficial al Terreno

	Sólidos en suspensión	DBO ₅	DQO	N	P
Filtro verde	95-99	90-95	90-95	90-95	85-90
Infiltración rápida	90-95	90-95	70-80	30-95	25-40
Escorrentía superficial	70-80	90-95	60-70	45-40	20-30

Fuente: Manual de tecnologías no convencionales para la depuración de aguas residuales, 2008.

8.1.3 Parámetros de diseños

En el presente numeral se expondrán los parámetros de diseño para la aplicación superficial de sistemas de baja carga tipo I, aplicación superficial de infiltración rápida y sistema de aplicación subsuperficial.

8.1.3.1 Aplicación superficial en sistemas de baja carga

La aplicación superficial hace referencia a los sistemas de baja carga tipo I, para este caso es necesario determinar los filtros verdes, que conlleva a al cálculo de la carga hidráulica aplicable, en dos tipos de condiciones; a) Permeabilidad de suelo y b) Concentración de nitrógeno en el agua percolada. A continuación, se presentan los parámetros para el cálculo de los sistemas de carga baja tipo I.

Filtros verdes: Para el cálculo de la superficie necesaria para la implantación de un sistema de depuración de aguas residuales basado en la tecnología de filtro verde es precisa la determinación de la carga hidráulica (Ch) aplicable.

La carga hidráulica es el volumen de agua aplicado sobre una superficie de terreno durante un tiempo determinado, se expresa en mm/semana o mm/año y se debe determinar en el caso más restrictivo entre la permeabilidad del suelo y la concentración de nitrógeno en el agua percolada. La carga hidráulica que es basa en la permeabilidad del suelo, se calcula mediante la ecuación de equilibrio hídrico, que para un periodo mensual esta expresado de la siguiente forma:

$$C_{hpm} = ETP_m - P_m + T_{im} \quad (2)$$

Donde:

C_{hpm} : Carga hidráulica mensual basada en la permeabilidad del suelo (mm/mes).

ETP_m : Evapotranspiración potencial mensual (mm/mes)

P_m : Precipitación mensual.

Estos parámetros se determinan a partir de los valores medios durante un periodo de retorno de 10 años (mm/mes) y la tasa de infiltración mensual.

Para el cálculo de T_{im} se procederá a determinar in situ la permeabilidad más baja del terreno sobre el que se va a asentar el filtro verde. A partir de este dato se establece la tasa de infiltración de diseño, que no deberá exceder del 4-10 % de la permeabilidad mínima.

$$T_{iditaria} = \text{Permeabilidad} \left(\frac{mm}{h} \right) * 24h * (0.04 \text{ a } 0.1) \quad (3)$$

$$T_{imensual} = T_{iditaria} * \text{número de días de riego al mes} \quad (4)$$

Por otro lado, la carga hidráulica basada en el balance de nitrógeno debe hacerse entre el aporte de nitrógeno al terreno, que es consecuencia de la aplicación del agua residual, y la eliminación de este nutriente que tiene lugar por las distintas vías, como se puede ver en los fenómenos de nitrificación-desnitrificación, volatilización del amoníaco y captación por el cultivo.

$$C_{hNa} = \frac{N_i(P_r - ETP) + 10C}{(1 - f) * N_a - N_i} \quad (5)$$

Donde:

C_{hNa} : carga hidráulica anual basada en las limitaciones de aplicación de nitrógeno (mm/año).

ETP: Evapotranspiración potencial anual (mm/mes)

P_r : Precipitación anual (mm/año).

C: Consumo anual de nitrógeno por el cultivo

N_a : concentración media de nitrógeno en el agua residual (mg/l).

N_i : Concentración de nitrógeno en el agua percolada (mg/l).

Establecido el valor de la carga hidráulica de diseño (Ch), se procede a calcular la superficie necesaria de filtro verde mediante la expresión:

$$S = \frac{365 * Q}{10 * C_h} \quad (6)$$

Donde:

S: Superficie necesaria (ha).

Q: Caudal medio diario de aguas residuales a tratar (m³/día)

C_h : Carga hidráulica de diseño (mm/año).

El hecho que en la determinación de la superficie necesaria para la implantación de los filtros verdes tan sólo se tiene en consideración la carga hidráulica aplicable, despreciando la carga orgánica, debido a que se asume que en los primeros centímetros del suelo se degrada toda la materia orgánica aportada por las aguas residuales. (ALIANZA POR EL AGUA, 2008). Adicional se tener en cuenta las características con las que debería contar el terreno donde se implemente un sistema de baja carga, como se presenta en la siguiente Tabla 15.

Tabla 15. Características que debe reunir el terreno en el que se implante un sistema de baja carga

	Óptimo	Convenientes	Pobre
Permeabilidad (mm/h)	5 – 50	1,5 - 5; 50 – 150	<1,5; >150
Profundidad hasta el freático (m)	>1,5	0,6 - 1,5	5 – 10
Pendiente (%)	0 – 2	2 – 15	>15
pH	5,5 - 8,4	5,2 - 5,5	<5,2; >8,4
Conductividad (mmhos/cm)	<4	4 – 8	>8
Porcentaje de intercambio de sodio, ESP (%)	<5	5 – 10	>10

Fuente: Manual de tecnologías no convencionales para la depuración de aguas residuales, 2008.

Dentro de los cultivos a implantar en los sistemas de carga baja, los más adecuados son los que cuentan con las siguientes características:

- Una elevada capacidad para la asimilación de nutrientes.
- Un alto consumo de agua.
- Una elevada tolerancia a los suelos húmedos.
- Una baja sensibilidad a los constituyentes del agua a tratar.
- Unas mínimas necesidades de control.

Entre los cultivos que reúnen todas, o la mayoría, de estas condiciones se encuentran diferentes tipos de céspedes, como son el césped grama, raigrás, raigrás italiano y ciertos cultivos arbóreos como los chopos, eucaliptos, olmos y sauces.

8.1.3.2 Aplicación superficial en la infiltración rápida

En los sistemas de infiltración rápida la carga hidráulica anual, basada en la permeabilidad media del terreno en cuestión, se determina por medio de la siguiente ecuación

$$C_h = V_i * F_a * D_o * (24h) \quad (7)$$

Donde:

C_h : Carga hidráulica (mm/año).

V_i : Velocidad de infiltración (mm/h).

F_a : Factor de aplicación¹.

D_o : Días de operación a lo largo del año (d/año).

Para permitir la reoxigenación del terreno filtrante se precisa alternar los periodos de aplicación de agua a las balsas y los períodos de secado de las mismas. Según *The Environmental Protection Agency* EPA, para maximizar la velocidad de infiltración la aplicación primaria se haría para tiempo húmedo con periodos de aplicación entre 1 y 2 días, y para el periodo de secado entre 7 -12; mientras que en temporadas secas la aplicación se realizaría entre 1 y 2 días, y el periodo de secado entre 5 y 7 días. Mientras que la aplicación secundaria se haría para tiempo húmedo con periodos de aplicación entre 1 y 3 días, y para el periodo de secado entre 5 -10 días; mientras que en temporadas secas la aplicación se realizaría entre 1 y 3 días, y el periodo de secado entre 4 y 5 días.

Para la eliminación de nitrógeno la aplicación primaria se haría para tiempo húmedo con periodos de aplicación entre 1 y 2 días, y para el periodo de secado entre 12 - 16 días; mientras que en temporadas secas la aplicación se realizaría entre 1 y 2 días, y el periodo de secado entre 10 y 14 días. Mientras que la aplicación secundaria se haría para tiempo húmedo con periodos de aplicación entre 9 y 12 días, y para el periodo de secado entre 12 -16; mientras que en temporadas secas la aplicación se realizaría entre 7 y 9 días, y el periodo de secado entre 10 y 15 días.

Para la nitrificación, la aplicación primaria se haría para tiempo húmedo con periodos de aplicación entre 1 y 2 días, y para el periodo de secado entre 7 -12; mientras que en temporadas secas la aplicación se realizaría entre 1 y 2 días, y el

¹ El factor de aplicación se determina teniendo en cuenta la velocidad de infiltración y la conductividad según Metcalf & Eddy, 1995.

periodo de secado entre 5 y 7 días. Mientras que la aplicación secundaria se haría para tiempo húmedo con periodos de aplicación entre 1 y 3 días, y para el periodo de secado entre 5 -10 días; mientras que en temporadas secas la aplicación se realizaría entre 1 y 3 días, y el periodo de secado entre 4 y 5 días.

8.1.3.3 Sistema de aplicación subsuperficial

Dentro de este sistema se encuentran los siguientes tratamientos primarios

Tabla 16. Tratamientos primarios

Fosas Sépticas	Tanque Imhoff
<p>Cuando la fosa séptica conste de dos compartimentos, se recomienda que el primero ocupe un 66% del volumen total.</p> <p>La altura útil del agua en el interior de los compartimentos oscila entre 1,2 y 1,7 m, dejándose un resguardo en la parte superior de 0,3 m. La longitud total de la fosa debe estar comprendida entre dos y tres veces el ancho de los compartimentos.</p>	<p>Zona de decantación: se dimensiona para que el tiempo de retención hidráulica a caudal máximo sea de 90 minutos.</p> <p>Zona de digestión: para un tiempo de digestión del fango de 6 meses, el valor típico para el dimensionamiento de la zona de digestión es de 0,07 m³/hab-eq.</p> <p>En los tanques Imhoff se alcanzan eliminaciones de sólidos en suspensión y de DBO₅ del orden del 65 y del 35%, respectivamente.</p>

Fuente: Manual de tecnologías no convencionales para la depuración de aguas residuales, 2008.

Para el diseño de los campos de infiltración el RAS, por medio de la Resolución 330 de 2017, indica que estos deben ubicarse en suelos cuyas características permitan una absorción del agua residual que salen. Los canales de infiltración deben ubicarse en un lecho de grava cuyo diámetro estará comprendido entre 10 y 60 mm. En la Tabla 17 se presenta la dimensión de los campos de infiltración.

Tabla 17. Dimensión para campos de infiltración

PARAMETRO	DIMENSIÓN
Diámetro de las tuberías	0.1 – 0.15 m
Pendiente	0.3 – 0.5%
Largo máximo	30 m
Ancho de zanja	0.45 a 0.75 m

Fuente: RAS, Resolución 330 de 2017.

Para el caso de los filtros intermitentes, el RAS 2017, recomienda los siguientes parámetros de diseño

Tabla 18. Parámetros de diseño para filtros intermitentes de arena

PARAMETROS	UNIDAD	RANGO
Carga hidráulica	m ³ /m ² /d	0.08 – 0.2
Carga orgánica	KgDBO ₅ /m ² /d	0.002 – 0.010
Frecuencia de dosificación	Veces/día	12 – 48
Volumen del tanque de dosificación	Caudal día	0.5 – 1.5
Pasos a través del filtro	Nº	1
Tamaño efectivo	mm	0.25 – 0.75
Coefficiente de uniformidad	Un	<4
Profundidad	cm	45 - 90

Fuente: RAS, Resolución 330 de 2017.

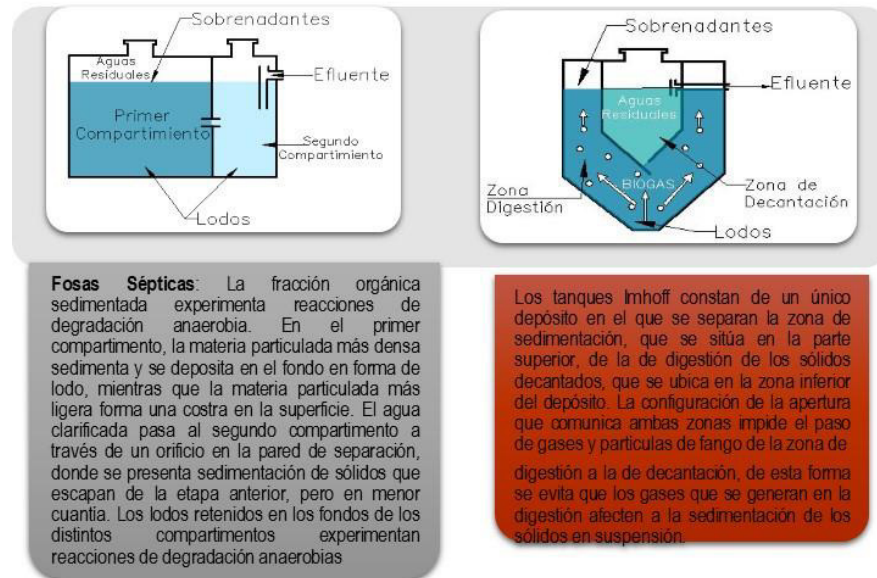
8.2 SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES POR FILTRO DE TURBA

El esquema del proceso es en esencia, semejante al de un tratamiento convencional, constando de pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario y opcionalmente tratamiento terciario.

8.2.1.1 Tratamiento primario

Con el fin de lograr una mayor eliminación de los sólidos en suspensión presentes en las aguas residuales a tratar y retardar la colmatación de la capa superficial del sustrato filtrante, se debe pensar en la implementación de un tratamiento primario como las lagunas anaerobias, fosas sépticas o tanques Imhoff.

Figura 18. Tratamientos primarios en el sistema de filtro de turba



Fuente: Adaptado manual de tecnologías no convencionales para la depuración de aguas residuales.

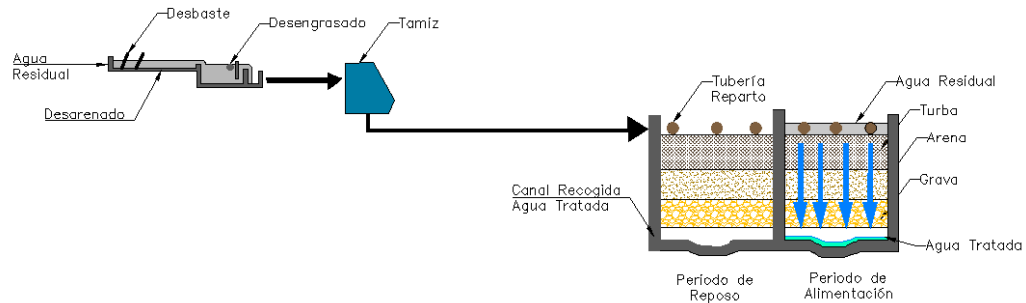
Elaboración propia, 2017.

8.2.1.2 Tratamiento secundario

Está constituido por los propios filtros de turba. Los efluentes procedentes de la etapa de pretratamiento alimentan los filtros mediante una serie de tuberías que reparten el agua, de la forma más homogénea posible, sobre la superficie de la turba.

Los filtros de turba están constituidos por recintos en los que se disponen una serie de capas filtrantes, cuya composición de arriba hacia abajo suele ser: turba, arena, gravilla y grava. La acción de depuración se realiza principalmente en la capa de turba, mientras que la función del resto de los estratos empleados se limita a retener al inmediato superior. Los efluentes, tras su paso por la turba, son recogidos en el fondo de los filtros mediante canales o tuberías de drenaje, desde los que se evacua la obra de salida. En la Figura 19 se presenta el proceso del tratamiento secundario y filtros de turba.

Figura 19. Funcionamiento de los filtros de turba



Fuente: Adaptado manual de tecnologías no convencionales para la depuración de aguas residuales.

Elaboración propia, 2017.

A medida que avanza el ciclo operativo, los sólidos retenidos en la superficie de la turba y la biomasa que se va desarrollando en esta zona, van disminuyendo la velocidad de infiltración de las aguas a través del sustrato, por lo que cada cierto tiempo, es decir, entre 10 y 12 días se hace necesario parar los filtros en operación y arrancar los que se encuentran en reposo. En la superficie de los filtros que se dejan en reposo se va formando una costra que seca rápida y fácilmente, dada su tendencia a fragmentarse y separarse de la turba. Una vez seca esta costra, se procede a su eliminación por rastrillado y, tras un escarificado de su superficie, los filtros quedan preparados para un nuevo ciclo operativo. La alternancia en el funcionamiento de los filtros, además de recuperar su capacidad de filtración, permite mantener el sustrato filtrante lo más oxigenado posible, al objeto de favorecer la degradación aerobia de los contaminantes. (ALIANZA POR EL AGUA, 2008)

8.2.1.3 Tratamiento terciario

En ocasiones, se someten a los efluentes de los filtros de turba a una etapa de afino en lagunas de maduración para mejorar, principalmente, el grado de abatimiento de los organismos patógenos. Esta eliminación se produce, fundamentalmente, por la acción de la radiación ultravioleta de la luz solar.

8.2.2 Mecanismos de depuración

La turba es un tipo de humus que se forma en las condiciones anaerobias propias de los medios saturados con agua. La transformación de restos orgánicos mediante reacciones químicas, o bien por la acción de microorganismos, da como producto final el humus, que consiste en aquella fracción de la materia orgánica que ya no es susceptible de ser descompuesta. La lignina y la celulosa constituyen sus componentes mayoritarios (ALIANZA POR EL AGUA, 2008).

Dentro de mecanismo de depuración de los filtros de turba se presentan acciones físicas, químicas y biológicas, como se presenta en la Tabla 19.

Tabla 19. Acciones que se dan en el filtro de turba

ACCIONES FÍSICAS	ACCIONES QUÍMICAS	ACCIONES BIOLÓGICAS
La turba ejerce una acción de filtro mecánico, reteniendo en los primeros centímetros de su espesor la mayor parte de los sólidos en suspensión que no han sido eliminados previamente. En la superficie del lecho se produce, igualmente, un notable incremento de la biomasa bacteriana que actúa sobre las partículas orgánicas retenidas. La acción de filtración será tanto más efectiva cuanto menor sea la granulometría de la turba empleada.	Las acciones químicas de las turbas se basan fundamentalmente en su elevada capacidad de intercambio catiónico y en las reacciones de oxidación-reducción que tienen lugar a consecuencia de la alternancia de las condiciones de encharcamiento-aireación del sustrato filtrante, que se suceden a lo largo de los ciclos operativos de los filtros de turba.	Sobre la materia orgánica adsorbida por la turba se prolifera la flora bacteriana, que interviene en la descomposición de la materia orgánica aportada por el agua residual. La turba actúa como un medio en el que se desarrolla y mantiene una actividad bacteriana que confiere al medio filtrante una importante capacidad de depuración biológica del influente. Para que en el sustrato tenga lugar una intensa actividad bacteriana por vía aerobia, se precisa un correcto reparto y composición de las fases sólida (fracciones orgánica y mineral), líquida (agua) y gaseosa (aire).

Fuente: Adaptado manual de tecnologías no convencionales para la depuración de aguas residuales.

Elaboración propia, 2017.

Adicionalmente de las acciones que se dan en el filtro de turba, también hay eliminación de contaminantes presentes en el agua residual, como lo sólidos suspendidos, materia orgánica, eliminación de nutrientes, eliminación de metales pesados y de agentes patógenos.

La eliminación de sólidos suspendidos se da por la acción del filtro mecánico de la capa de turba ya que retiene en sus primeros centímetros de espesor la mayor parte de los sólidos en suspensión que no han sido eliminados previamente. La eliminación de materia orgánica es eliminada por filtración, quedando retenida en la superficie de la turba y actuando sobre ella la flora bacteriana. En lo referente a la materia orgánica presente en forma coloidal o disuelta, esta es absorbida y adsorbida por la turba, merced a su elevada capacidad de cambio.

Para la eliminación de nutrientes como el nitrógeno, las aguas se percolan a través de la capa filtrante de turba, ésta retiene el ión amonio mediante reacciones de intercambio catiónico. En los periodos de regeneración de las turbas agotadas, el ión amonio retenido es transformado mediante acciones biológicas en nitratos, que son arrastrados con los primeros efluentes generados en el siguiente ciclo de operación de los filtros. (SALAS RODRÍGUEZ, PIDRE BOCARDO, & MARTÍN GARCÍA, 2001)

La eliminación del fósforo se da la avanzar el ciclo operativo de los filtros de turba, y mantenerse inundada de forma continuada su superficie, se instauran en el seno de la turba condiciones de anaerobiosis, que traen como consecuencia la solubilización de parte de los fosfatos precipitados, que escapan junto con los efluentes depurados. (ALIANZA POR EL AGUA, 2008)

8.2.3 Rendimientos

Entre los parámetros que ejercen una mayor influencia en los rendimientos de depuración que se alcanzan en la aplicación de la tecnología de filtros de turba, cabe mencionar:

- Las cargas hidráulicas y orgánicas aplicadas.
- La cadencia de aplicación del agua residual sobre la turba.

- La altura del lecho de turba.
- La estabilidad, textura y compactación de la turba son propiedades que influyen en la hidrodinámica de proceso.

En las siguientes tablas, se presentan los rendimientos medios que se alcanzan con la tecnología de filtros de turba.

Tabla 20. Rendimientos de depuración Desbaste-tamizado-desengrasado-filtros de turba

Parámetro	Rendimiento (%)
Sólidos en suspensión	80 – 90
DBO ₅	75 – 85
DQO	70 – 80
N	40 – 50
P	20 - 30

Fuente: Manual de tecnologías no convencionales para la depuración de aguas residuales.

Tabla 21. Rendimientos de depuración Desbaste-lagunaje anaerobio-filtros de turba

Parámetro	Rendimiento (%)
Sólidos en suspensión	80 – 90
DBO ₅	80 – 85
DQO	75 – 80
N	40 – 50
P	20 – 30

Fuente: Manual de tecnologías no convencionales para la depuración de aguas residuales.

Tabla 22. Rendimientos de depuración tanque Imhoff (fosa séptica)-filtros de turba

Parámetro	Rendimiento (%)
Sólidos en suspensión	90 – 95
DBO ₅	90 – 95
DQO	85 – 90
N	30 – 40
P	10 – 20

Fuente: Manual de tecnologías no convencionales para la depuración de aguas residuales.

8.2.4 Parámetros de diseños

Las recomendaciones para el dimensionamiento de los filtros de turba se basan en limitar la carga hidráulica aplicada a 600 l m⁻² d⁻¹ comprobando que, para este valor de carga hidráulica, las cargas superficiales orgánicas y de sólidos quedan por

debajo de 300 g. DBO₅m⁻² d⁻¹ y de 240 g. SS m⁻² d⁻¹, respectivamente. En caso de que se incumplan algunos de estos últimos requisitos, los filtros se dimensionan para cumplir el más restrictivo de los mismos.

La superficie así calculada, es la superficie activa (la que debe encontrarse en operación), que, a efectos de diseño, generalmente se duplica para poder disponer de la misma superficie de turba en operación y en reserva. Una vez determinada la superficie total de turba necesaria, se procede a determinar el número de filtros necesarios, de forma que la superficie de cada filtro sea de aproximadamente 100 m². (ALIANZA POR EL AGUA, 2008).

8.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS TECNOLOGÍAS NO CONVENCIONALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL EN EL HUMEDAL GUAYMARAL

Para realizar la selección de la alternativa para el tratamiento de aguas residuales que son descargadas de manera directa al canal Torca, siendo este el que lleve las aguas residuales directamente al humedal Guaymaral, se deben analizar las ventajas y las desventajas que traen cada uno de los sistemas propuestos en el capítulo anterior.

8.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE APLICACIÓN EN TERRENO

A continuación, se presentan las ventajas y desventajas o inconvenientes que puede traer el implementar un sistema de aplicación de terreno para el tratamiento de aguas residuales en el humedal Guaymaral.

8.4.1 Ventajas

Dentro de las ventajas que presenta la depuración de aguas residuales mediante la tecnología de filtro verde se puede evidenciar las siguientes:

1. Sencillez operativa, dado que las labores de explotación y mantenimiento se limitan a la retirada de residuos del pretratamiento, la rotación periódica de las parcelas a las que se aplica el agua residual y a un pase de grada cada trimestre, con objeto de romper las costras que hayan podido formarse y para airear el terreno.
2. Al no contar con equipos mecánicos, no se presentan problemas por daños o fallas en los procesos, lo que ahorra costos.
3. La tecnología no requiere consumo energético.
4. No se producen lodos durante el proceso de depuración de las aguas residuales.
5. Se adapta fácilmente a la zona rural, lo que hace que se pueda aplicar en los alrededores del humedal Guaymaral.
6. Con base a los rendimientos de depuración, presenta valores significativamente altos, lo que hace que la efectividad del tratamiento de cualquier parámetro sea óptima.
7. No presenta problemas ni limitantes con el incremento en los caudales a tratar.
8. Las plantaciones empleadas sirven para la fijación CO₂.

8.4.2 Desventajas

Dentro de las desventajas se pueden encontrar las siguientes:

1. Exige una gran superficie de terreno para su implantación, por lo que su coste de implantación se relaciona directamente con el precio del suelo

requiriéndose, además, terrenos no muy escarpados, con una determinada capacidad de filtración y que no presenten acuíferos próximos a su superficie.

2. No es aplicable en zonas de elevada pluviometría, lo que limita enormemente las cantidades que se pueden aplicar de aguas residuales para su tratamiento.

8.5 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS SISTEMAS DE FILTRO DE TURBA

A continuación, se presentan las ventajas y desventajas o inconvenientes que puede traer el implementar un sistema de filtro de turba para el tratamiento de aguas residuales en el humedal Guaymaral.

8.5.1 Ventajas

Dentro de las ventajas que presenta la depuración de aguas residuales mediante los filtros de turba se destacan las siguientes:

1. Desde el momento de su puesta en marcha se logra un elevado grado de depuración de los vertidos mediante procesos fisicoquímicos, por lo que son muy adecuados para el tratamiento de las aguas residuales generadas en aglomeraciones con fuertes oscilaciones de población.
2. Presentan una elevada capacidad para absorber sobrecargas hidráulicas y orgánicas.
3. Buen comportamiento a bajas temperaturas.
4. Requieren poca superficie para su implantación, la menor de todas las Tecnologías no convencionales.
5. Sencillez de operación, tan sólo hay que proceder al cambio de los filtros en operación conforme van acabando sus ciclos operativos.
6. Bajos costos de explotación y mantenimiento.

7. El sistema puede operar sin ningún consumo energético si las aguas a tratar llegan por gravedad hasta la estación depuradora
8. Inexistencia de averías al carecer de equipos mecánicos.
9. No se producen lodos sino una costra seca fácilmente manipulable.
10. Genera pocos impactos ambientales, ya que hay ausencia de ruido al no contar con equipos electromecánicos; no presenta olores gracias a las propiedades de adsorción de la turba.

8.5.2 Desventajas

Dentro de las desventajas que presenta la depuración de aguas residuales con los filtros de turba, se pueden encontrar las siguientes:

1. Dependencia de las condiciones pluviométricas que inciden sobre los tiempos necesarios para el secado de la superficie y que afectan a la superficie necesaria de los lechos. Una pluviometría muy elevada invalida la implantación de esta tecnología.
2. Mayor necesidad de mano de obra que otras tecnologías no convencionales al tener que procederse al final de cada ciclo de filtración a la regeneración de los filtros agotados.
3. Necesidad de proceder a cambiar la turba cada 6-8 años de operación.
4. Los efluentes suelen presentar una ligera coloración amarilla consecuencia del arrastre de componentes de las propias turbas.

8.6 PREDISEÑO DE LAS ALTERNATIVAS PARA EL HUMEDAL GUAYMARAL SECTOR NOROCCIDENTAL²

Con base a la información teórica obtenida, se realizó un pre dimensionamiento de las dos tecnologías para el tratamiento de las aguas residuales en el sector noroccidental del humedal Guaymaral.

8.6.1 Aplicación al terreno

8.6.1.1 Filtros Verdes

Para los filtros verdes se debe determinar la carga hidráulica de diseño que se define como el volumen de agua aplicado sobre una superficie de terreno durante un tiempo determinado, expresándose habitualmente como mm/semana ó mm/año. En el caso de los filtros verdes la determinación de la carga hidráulica se efectúa para la condición más restrictiva de las dos siguientes:

- Permeabilidad del suelo.
- Concentración de nitrógeno en el agua percolada.

A continuación, se presentan los cálculos realizados para las condiciones que se presentan en el humedal Guaymaral sector noroccidental.

² Para este caso se usaron datos teóricos aproximados al comportamiento del sector noroccidental del humedal Guaymaral.

Tabla 23. Cálculo para la carga hidráulica basada en la permeabilidad del suelo

FILTROS VERDES-HUMEDAL GUAYMARAL SECTOR NOROCCIDENTAL											
Carga hidráulica basada en la permeabilidad del suelo											
<p>Carga hidráulica basada en la permeabilidad del suelo</p> $C_{hpm} = ETP_m - P_{rm} + T_{im}$											
ETP _m	53,43	mm/mes									
P _{rm}	64,66	mm/mes									
T _{im}	17,9712	mm/mes									
C_{hpm}	6,7412	mm/mes									
<p>Valores medios durante un periodo de retorno de 10 años (mm/mes)</p>											
<p>Carga hidráulica basada en la permeabilidad del suelo</p> $C_{hpm} = ETP_m - P_{rm} + T_{im}$											
ETP _m	641,16	mm/año									
P _{rm}	775,92	mm/año									
T _{im}	215,6544	mm/año									
C_{hpm}	80,8944	mm/año									
<p>$T_{diaria} = \text{Permeabilidad (mm/h)} \times 24 \text{ h/d} \times (0,04 \text{ a } 0,1)$</p> <p>Se debe establecer la tasa de infiltración de diseño, que no deberá exceder del 4-10 % de la permeabilidad mínima</p> <p>↓</p> <p>Para depósitos arcillosos, como es el caso del sector noroccidental del humedal Guaymaral, se presenta una permeabilidad lenta que oscila entre 3-12 cm/día. Para este caso optamos por un valor de 7,5 cm/día, es decir, 3,12 mm/hr.</p>											
<p>T_{diaria}</p> <table border="1"> <tr> <td>Permeabilidad</td> <td>3,12</td> <td>mm/hr</td> </tr> <tr> <td>Tasa de infiltración</td> <td>6%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>T_{diaria}</td> <td>4,4928</td> <td>mm/día</td> </tr> </table>			Permeabilidad	3,12	mm/hr	Tasa de infiltración	6%		T_{diaria}	4,4928	mm/día
Permeabilidad	3,12	mm/hr									
Tasa de infiltración	6%										
T_{diaria}	4,4928	mm/día									
<p>T_{im}</p> <p>$T_{mensual} = T_{diaria} \times \text{número de días de riego al mes}$</p> <p>La frecuencia es de una vez cada 14 días para suelos arcillosos, siendo un valor bastante común un riego cada semana.</p>											

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Tabla 24. Cálculo para la carga hidráulica basada en el balance de nitrógeno

FILTROS VERDES-HUMEDAL GUAYMARAL SECTOR NOROCCIDENTAL		
Carga hidráulica basada en el balance de nitrógeno		
<p>Carga hidráulica basada en el balance de nitrógeno</p> $C_{hNa} = \frac{N_i (P_r - ETP) + 10C}{(1 - f) N_a - N_i}$		
P_r	777	mm/año
ETP	641,2	mm/año
C	120	Kg N/Ha*año
f	20%	%
N_a	15,60	mg/L
N_i	1,87	mg/L
C_{hNa}	132,421245	mm/año

Pr la precipitación anual (mm/año)
ETP la evapotranspiración potencial anual (mm/año)
C el consumo anual de nitrógeno por el cultivo, que en el caso del sauce de adoptará un valor de 120 kg N ha/año
f la fracción eliminada por desnitrificación y volatilización del nitrógeno aportado (15-25%). Para este caso se tomará un valor de 20%.
Na es la concentración media de nitrógeno en el agua residual (mg/l)
Ni la concentración de nitrógeno en el agua percolada (mg/l)

Nitrogeno presente el agua residual en promedio de los puntos de muestreo.

12% adoptado para suelos arcillosos.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Una vez determinado el valor de ChNa se compara con el valor de Chpm:

- Si Chpm < ChNa, se toma Chpm como carga hidráulica de diseño.
- Si Chpm > ChNa, se deben obtener los valores mensuales de ChN, aplicando los correspondientes valores de Prm y ETPm. Los valores mensuales del término C, pueden estimarse suponiendo un reparto proporcional a los de la ETP.

Efectuados estos cálculos, se tomó como valor de Ch de diseño la suma de las cargas mensuales que resulten menores, bien por permeabilidad o por nitrógeno. Establecido el valor de la carga hidráulica de diseño (Ch), se procede a calcular la superficie necesaria de filtro verde.

Tabla 25. Cálculo superficie necesaria para filtro verde

<u>Superficie necesaria de filtro verde</u>		
$S = \frac{365 \cdot Q}{10 \cdot Ch}$		
Caudal	23,00	m3/día
Ch	80,8944	mm/año
S	10,4	Ha

caudal medio diario

Actualmente la SDA ha sellado varios vertimientos lo que indica una reducción en el caudal aportado al humedal Guaymaral.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

El área necesaria para llevar el tratamiento por medio de los filtros verdes es de 10.4 Ha, teniendo en cuenta que los cultivos a implantar para sistemas de baja carga deben presentar las siguientes características:

- Una elevada capacidad para la asimilación de nutrientes.
- Un alto consumo de agua.
- Una elevada tolerancia a los suelos húmedos.

- Una baja sensibilidad a los constituyentes del agua a tratar.
- Unas mínimas necesidades de control.

En el humedal Guaymaral en el sector noroccidental se pueden encontrar como planta endémica de este, cultivos arbóreos como el sauce y algunos tipos de céspedes se pueden implementar como lo son césped grama, ray grass, entre otros.

8.6.1.2 Sistema de aplicación subsuperficial

Como tratamiento primario están los pozos sépticos; el volumen total del pozo debe permitir operar con tiempos de retención hidráulica de al menos un día, una vez descontada la máxima capacidad reservada para el almacenamiento de lodos.

Cuando el pozo séptico conste de dos compartimentos, se recomienda que el primero ocupe un 66% del volumen total, mientras que cuando se dispongan tres compartimentos, el primero de ellos no ocupará más del 50% del volumen total, repartiéndose el resto del volumen, a partes iguales, entre el segundo y el tercero.

La altura útil del agua en el interior de los compartimentos oscila entre 1,2 y 1,7 m., dejándose un resguardo en la parte superior de 0,3 m. La longitud total del pozo debe estar comprendida entre dos y tres veces el ancho de los compartimentos. Se debe disponer de un volumen suficiente para el almacenamiento de lodos, al objeto de evitar la saturación y el consiguiente escape de parte de los mismos con los efluentes.

Para este caso se proyectarán zanjas de infiltración, debido a que el resto de tratamientos no son recomendados para los suelos arcillosos como los que se presentan en el sector noroccidental del humedal Guaymaral.

Tabla 26. Cálculo zanjas de infiltración

ZANJAS DE INFILTRACIÓN		
Caudal	23,00	m ³ /d
	23000,00	L/d
Tasa de Infiltración	0,5	min/cm
Profundidad Zanja	0,6	m
Ancho Zanja	0,65	m
Tasa de aplicación	18	L/m ² *d
Capacidad de la zanja	248	L/m*d
Longitud requerida de zanjas	93	m



Se pueden construir 4 zanjas de infiltración cada una de 23 m. Con una separación entre zanjas de 1 m

Fuente: Elaboración propia, 2017.

8.6.2 Filtros de turba

Para el filtro de turba se deben tener en cuenta pre tratamientos, para este caso se realizará la proyección del tanque Imhoff. Teniendo en cuenta los criterios de la Norma RAS resolución 330 de 2017. El tanque imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimientos: a) Cámara de sedimentación. b) Cámara de digestión de lodos. c) Área de ventilación y cámara de natas.

Tabla 27. Cálculo tanque Imhoff

SEDIMENTADOR			
Caudal	23.00	m ³ /d	Carga Superficial. Igual a 1 m ³ /(m ² *hr)
	0.96	m ³ /h	
Cs	1	m ³ /m ² *hr	Periodo de retención hidráulica
Área sedimentador	0.95833333	m ²	
R	2	h	
Volumen del Sedimentador	1.91666667	m ³	

DIGESTIÓN DE LODOS			
T	15	°C	Factor de capacidad relativa
Fcr	1		
P	5000	Hab	
Volumen de almacenamiento	350	m ³	
Tiempo requerido para la digestión de lodos	55	días	

Fuente: Elaboración propia, 2017.

El diámetro mínimo de la tubería para la remoción de lodos será de 200 mm y deberá estar ubicado 15 cm por encima del fondo del tanque. Para la remoción se requerirá de una carga hidráulica mínima de 1,80 m. Para el diseño de la superficie libre entre las paredes del digestor y el sedimentador se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- El espaciamiento libre será de 1,0 m como mínimo.
- La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.
- El borde libre será como mínimo de 0,30 cm.

Para el tratamiento secundario como se expuso anteriormente, se hará con los filtros de turba los efluentes procedentes del tratamiento primario alimentan los filtros mediante tuberías, que reparten el agua de forma homogénea.

Finalmente, para los filtros de turba se deben tener en cuenta los siguientes parámetros:

Tabla 28. Diseño filtros de turba

FILTROS DE TURBA		
Carga Hidráulica	600	L/m ² *d
Carga Orgánica	<300	g DBO ₅ /m ² *d
Carga Sólidos	<240	g SS/m ² *d
relación superficie total/superficie activa	2:01	

8.7 ANALISIS DE LOS RENDIMIENTOS DE CADA UNO DE LAS TECNOLOGÍAS NO CONVENCIONALES

A continuación, se presenta el análisis de los rendimientos de cada uno de las tecnologías no convencionales, propuestas para el tratamiento de las aguas residuales que se vierten directamente sobre el canal Torca y que llegan de esta forma directamente al humedal Guaymaral.

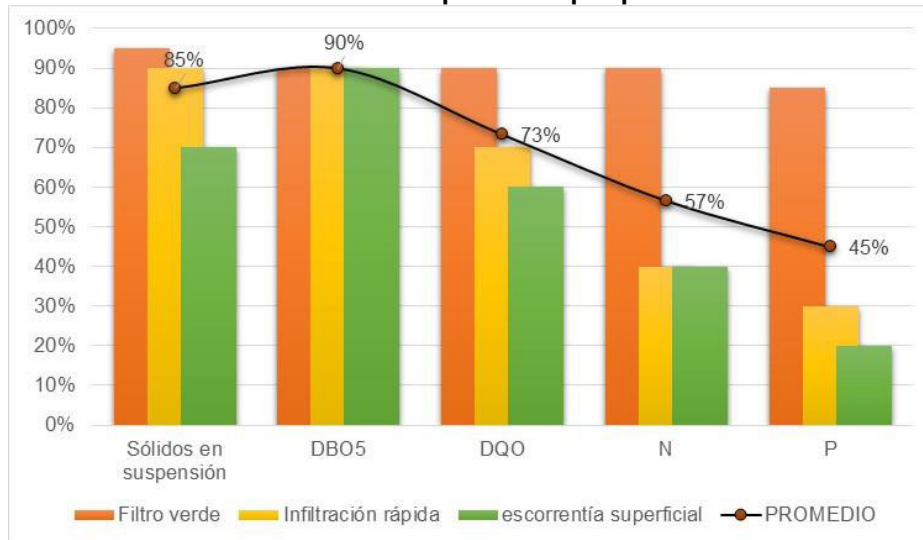
Tabla 29 Rendimientos de depuración de los Sistemas de Aplicación Superficial al Terreno

Tecnología	Sólidos en suspensión	DBO₅	DQO	N	P
Filtro verde	95%	90%	90%	90%	85%
Infiltración rápida	90%	90%	70%	40%	30%
escorrentía superficial	70%	90%	60%	40%	20%

Fuente: Manual de tecnologías no convencionales para la depuración de aguas residuales, 2008.

Para los filtros de turba se presentan rendimientos óptimos para el caso de eliminación de sólidos suspendidos y DBO₅ de manera estable en sus tres formas de tratamiento. En la siguiente figura, se muestra el promedio que depura cada una de las tres formas en las que se puede emplear la aplicación en terreno.

Figura 20. Rendimientos de depuración de los Sistemas de Aplicación Superficial al Terreno, teniendo en cuenta promedio por parámetro



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Los filtros verdes, la infiltración rápida y la escorrentía superficial, eliminan en promedio un porcentaje de 85% de los sólidos suspendidos encontrados en el agua residual, la DBO₅ se reduce en un 95%, la DQO en un 73%; mientras que los nutrientes como el nitrógeno y el fosforo se reducen un 57% y un 45% respectivamente.

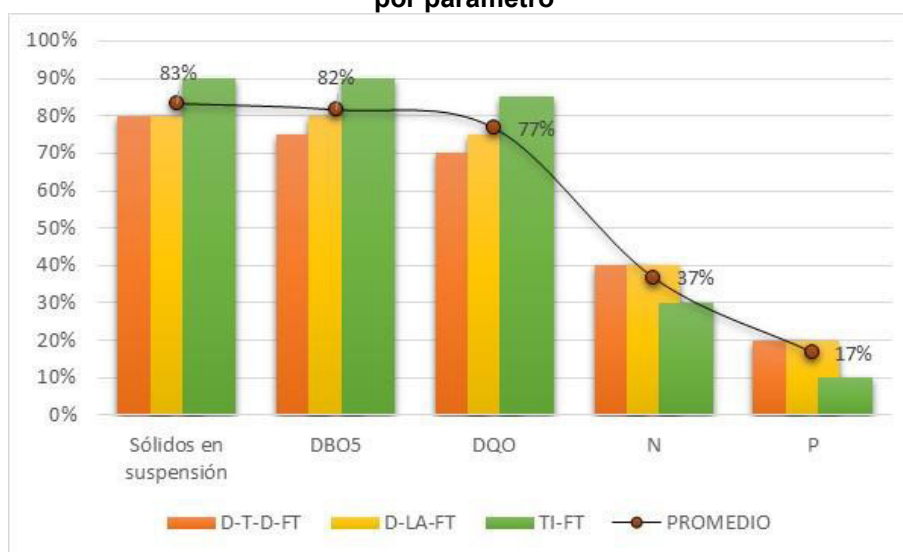
Por otro, la tecnología que incluyen los filtros de turba, presenta altos rendimientos de depuración en lo que respecta a sólidos suspendidos y disminución de la DBO₅, mientras que en el tratamiento de la DQO y nutrientes como el nitrógeno y el fósforo se ve una notable disminución en su eficiencia.

Tabla 30. Rendimientos de depuración de los filtros de turba

Tecnología	Sólidos en suspensión	DBO ₅	DQO	N	P
D-T-D-FT ³	80%	75%	70%	40%	20%
D-LA-FT ⁴	80%	80%	75%	40%	20%
TI-FT ⁵	90%	90%	85%	30%	10%

Fuente: Manual de tecnologías no convencionales para la depuración de aguas residuales, 2008.

Figura 21. Rendimientos de depuración de los filtros de turba teniendo en cuenta promedio por parámetro



Fuente: Elaboración propia, 2017.

En el desbaste-tamizado-desengrasado-filtros de turba, desbaste-lagunaje anaerobio-filtros de turba y en el Tanque Imhoff-filtros de turba, se eliminan en promedio un porcentaje de 83% de los sólidos suspendidos encontrados en el agua residual, la DBO₅ se reduce en un 82%, la DQO en un 77%; mientras que los nutrientes como el nitrógeno y el fósforo se reducen un 37% y un 17% respectivamente.

³ Desbaste-tamizado-desengrasado-filtros de turba

⁴ Desbaste-lagunaje anaerobio-filtros de turba

⁵ Tanque Imhoff (fosa séptica)-filtros de turba

Después de conocer el rendimiento de depuración de cada una de las tecnologías propuestas para el tratamiento de las aguas residuales del humedal Guaymaral, se procedió sacar el promedio de rendimientos para cada uno de los parámetros estudiados.

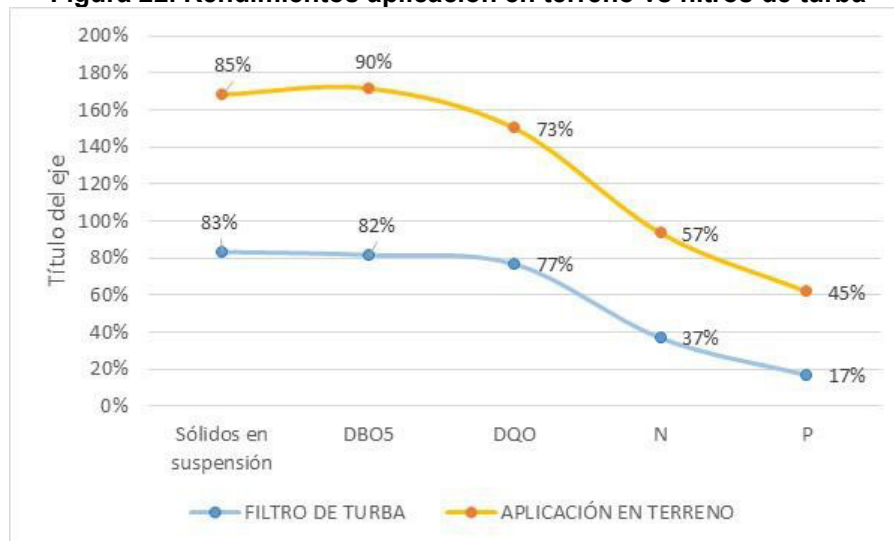
Tabla 31. Rendimientos aplicación en terreno vs filtros de turba

	Sólidos en suspensión	DBO ₅	DQO	N	P
APLICACIÓN EN TERRENO	85%	90%	73%	57%	45%
FILTRO DE TURBA	83%	82%	77%	37%	17%

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la Figura 22, se puede evidenciar que la tecnología de aplicación en terreno, presenta en promedio mejores rendimientos de depuración en todos los parámetros estudiados, con respecto a los rendimientos de los filtros de turba. La mayor de las diferencias se puede evidenciar en la depuración de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo.

Figura 22. Rendimientos aplicación en terreno vs filtros de turba



Fuente: Elaboración propia, 2017.

La importancia de tratar los nutrientes en el agua residual se hace importante debido a que el nitrógeno y el fósforo presente en el canal Torca, puede deberse al uso de fertilizantes artificiales, y los desechos ganaderos aplicados a la agricultura. El

nitrógeno proviene principalmente de las conversiones metabólica de los compuestos derivados de la urea o proteínas que se ven presentes en los excrementos de los animales, mientras que un gran porcentaje de la presencia de fosforo es debido al uso de detergentes sintéticos en diferentes actividades antrópicas.

La consecuencia más importante de la contaminación por parte de estos compuestos, es la capacidad de propagar el crecimiento de algas, además de promover en el agua su eutrofización causando un crecimiento sin control de algas, afectando de esta manera a otra especies presentes en el recurso hídrico; además de esto genera una mala apariencia en el agua, hay proliferación de olores nauseabundos por la descomposición de algunas de las plantas y también presenta escasos niveles de oxígeno disuelto afectando de manera negativa el ecosistema acuático como peces, otros animales acuáticos y las plantas adheridas en el lecho del curso del agua.

En lo que respecta a la DBO₅ y DQO, se deben controlar estos parámetros para asegurar de esta manera una calidad de agua vertida, teniendo en cuenta a normatividad vigente, sin generar alteraciones medioambientales.

8.7.1 Análisis de la etapa de la línea de agua

En la Tabla 32, se presenta el análisis de la etapa de agua para las dos alternativas, teniendo en cuenta los valores arrojados por las caracterizaciones realizadas por la Secretaria Distrital de Ambiente.

Tabla 32. Análisis etapa línea de agua

ETAPA DE LA LÍNEA DE AGUA							
Pretratamiento							
Aplicación al terreno				Filtro de turba			
Parámetro	Valor SDA	% remoción	Valor después de la remoción	Parámetro	Valor SDA	% remoción	Valor después de la remoción
Sólidos en suspensión mg/L	442,00	95%	22,10	Sólidos en suspensión mg/L	442,00	85%	66,30
DBO ₅ mg/L O ₂	25,95	90%	2,60	DBO ₅ mg/L O ₂	25,95	80%	5,19
DQO mg/L O ₂	832,00	90%	83,20	DQO mg/L O ₂	832,00	75%	208,00
N mg/L O ₂	139,34	90%	13,93	N mg/L O ₂	139,34	45%	76,64
P mg/L P	20,42	85%	3,06	P mg/L P	20,42	25%	15,32
Tratamiento primario							
Aplicación al terreno				Filtro de turba			
Parámetro	Valor SDA	% remoción	Valor después de la remoción	Parámetro	Valor SDA	% remoción	Valor después de la remoción
Sólidos en suspensión mg/L	22,1	95%	1,11	Sólidos en suspensión mg/L	66,30	85%	9,95
DBO ₅ mg/L O ₂	2,595	90%	0,26	DBO ₅ mg/L O ₂	5,19	83%	0,91
DQO mg/L O ₂	83,2	90%	8,32	DQO mg/L O ₂	208,00	78%	46,80
N mg/L O ₂	13,934	90%	1,39	N mg/L O ₂	76,64	45%	42,15
P mg/L P	3,063	85%	0,46	P mg/L P	15,32	25%	11,49
Tratamiento secundario							
Aplicación al terreno				Filtro de turba			
Parámetro	Valor SDA	% remoción	Valor después de la remoción	Parámetro	Valor SDA	% remoción	Valor después de la remoción
Sólidos en suspensión mg/L	1,11	95%	0,06	Sólidos en suspensión mg/L	9,95	85%	1,49
DBO ₅ mg/L O ₂	0,26	90%	0,03	DBO ₅ mg/L O ₂	0,91	83%	0,16
DQO mg/L O ₂	8,32	90%	0,83	DQO mg/L O ₂	46,80	78%	10,53
N mg/L O ₂	1,39	90%	0,14	N mg/L O ₂	42,15	45%	23,18
P mg/L P	0,46	85%	0,07	P mg/L P	11,49	25%	8,61

ETAPA DE LA LÍNEA DE AGUA							
Tratamiento terciario							
Aplicación al terreno				Filtro de turba			
Parámetro	Valor SDA	% remoción	Valor después de la remoción	Parámetro	Valor SDA	% remoción	Valor después de la remoción
Sólidos en suspensión mg/L	0,06	95%	0,00	Sólidos en suspensión mg/L	1,49	85%	0,22
DBO ₅ mg/L O ₂	0,03	90%	0,00	DBO ₅ mg/L O ₂	0,16	83%	0,03
DQO mg/L O ₂	0,83	90%	0,08	DQO mg/L O ₂	10,53	78%	2,37
N mg/L O ₂	0,14	90%	0,01	N mg/L O ₂	23,18	45%	12,75
P mg/L P	0,07	85%	0,01	P mg/L P	8,61	25%	6,46

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Como se ve en la Tabla 32, al final del tratamiento terciario después de todo el proceso de depuración, las dos alternativas de tratamiento presentan altos niveles de remoción, sin embargo, la tecnología por aplicación al terreno presenta mayor eficiencia en la eliminación de la carga contaminante, con respecto a la que presentan los filtros de turba. Los parámetros en los que se puede visualizar el óptimo funcionamiento de las tecnologías son en los sólidos suspendidos ya que son eliminados en un 100% al igual que la DBO₅.

8.8 EVALUACION DE LAS ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTOS DE TECNOLOGÍAS NO CONVENCIONALE

Si bien existen procedimientos diversos para la evaluación y fijación del “orden de elegibilidad” entre varias soluciones de factible implementación para el desarrollo de cualquier proyecto, en el presente estudio se ha empleado uno referido a la comparación según una categorización preestablecida, como es el caso del grado de afectación o nivel de eficiencia de los indicadores o parámetros por alternativa, como sí es más costosa, menos costosa, buena, regular, mala, máxima, media, mínima, alta, media baja, entre otras, independientemente de los intervalos entre

tales cualidades, cuanto más costosa; rango entre más y menos costosas; entre más eficiente y menos eficiente, etc.

Las tecnologías no convencionales planteadas para el tratamiento de aguas residuales del humedal Guaymaral son las siguientes:

Tabla 33. Identificación de las alternativas

Identificación	Sistema de tratamiento
Alternativa No. 1	Aplicación en terreno
Alternativa No. 2	Filtros de turba

Fuente: Elaboración propia, 2017.

8.8.1 Parámetros de evaluación

Las consideraciones de evaluación se han agrupado en tres categorías que son los aspectos técnicos, ambientales y económicos. Cada una de estas consideraciones se ha subdividido en una serie de parámetros que las especifican de manera más detallada, para los que se han establecido rangos de comparación.

Como se ilustra para cada parámetro existe un rango de comparación referido a cada uno de ellos, el cual se califica finalmente como Excelente (E), si ofrece la mejor condición; Regular (R), si es medianamente bueno; o Malo (M), si definitivamente el parámetro presenta o conlleva a situaciones adversas para la implementación, puesta en marcha u operación de la tecnología apropiada. Luego de evaluadas cada una de las consideraciones y los parámetros de medida involucrados en el análisis, se ha llegado a una matriz resumen que se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 34. Matriz de Evaluación Aspectos Técnicos, Ambientales y Económicos

Tipo de Consideración	Parámetro de medida	Rango de comparación relativo	Cualificación
Técnica	Rendimiento de la tecnología	Alta	E
		Media	R
		Baja	M
	Viabilidad Técnica	Alta	E
		Media	R
		Baja	M

Tipo de Consideración	Parámetro de medida	Rango de comparación relativo	Cualificación
	Requerimientos de análisis y controles	Bajo	E
		Medio	R
		Alto	M
	Tratamiento y Manejo de lodos	No se requiere	E
		Se requiere	M
	Susceptibilidad a las cargas de choque	Baja	E
		Media	R
		Alta	M
	Requerimiento de equipos	Bajo	E
		Medio	R
		Alto	M
	Producción de Lodos	Baja	E
Media		R	
Alta		M	
Económica	Costo/m3 (VP)	Más Bajo	E
		Medio	R
		Más Alto	M
	Requerimiento de área (ha)	Menor área	E
		Media	R
		Mayor área	M
	Empleo de energía	Baja	E
		Media	R
		Alta	M
	Requerimientos de mano de obra calificada	Bajos	E
		Medios	R
		Altos	M
Ambiental	Generación de olores	Baja	E
		Media	R
		Alta	M
	Generación de ruido	Baja	E
		Media	R
		Alta	M
	Presencia de vectores	Baja	E
		Media	R
		Alta	M

Fuente: Elaboración propia, 2017.

8.8.2 Resultados de la evaluación preliminar

A continuación, se presenta la evaluación de las alternativas de tratamiento de aguas residuales con tecnologías no convencionales para el humedal Guaymaral, teniendo en cuenta las consideraciones de tipo técnica, económica y ambiental:

Tabla 35. Matriz de evaluación de alternativas de tratamiento de tecnologías no convencionales

Tipo de Consideración	Parámetro de evaluación	Alternativa evaluada	
		No. 1	No. 2
Técnica	Rendimiento de la tecnología	E	R
	Viabilidad técnica	E	E
	Requerimientos de análisis y controles	E	E
	Tratamiento y manejo de lodos	E	E
	Susceptibilidad a las cargas de choque	E	E
	Requerimientos de equipos	E	E
	Producción de lodos	E	E
Económica	Costo por m3 tratado	E	E
	Requerimientos de área (ha)	R	E
	Empleo de energía	E	E
	Mano de obra calificada	E	R
Ambiental	Generación de olores	E	E
	Generación de ruido	E	E
	Presencia de vectores	E	R
Resumen		13E	11E, 3R

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Con base al resultado arrojado en la tabla de análisis de alternativas se puede ver que la tecnología más apropiada para emplear en el tratamiento de las aguas residuales en el humedal Guaymaral es la tecnología desarrollada por medio de aplicación en terreno, esto con base a la ventajas, desventajas y porcentajes de rendimiento en la remoción.

Adicional a lo anterior se tiene en cuenta con un factor influyente la presencia de la especie *Salix Humboldtiana*, en la ronda hidráulica del humedal Guaymaral y que además sus cultivos se pueden emplear en el tratamiento de los sistemas de baja carga Tipo I como los filtros verdes, ya que presenta características preponderantes, como una elevada capacidad para la asimilación de nutrientes, un alto consumo de

agua, una elevada tolerancia a los suelos húmedos, una baja sensibilidad a los constituyentes del agua a tratar y unas mínimas necesidades de control.

9 CONCLUSIONES

- Se pudo evidenciar la grave problemática ambiental que se presenta en el humedal Guaymaral, dado las diversas actividades antrópicas que se vienen desarrollando en la ronda hidráulica del sector noroccidental del humedal Guaymaral. La principal problemática está en la contaminación de los efluentes del humedal, debido a que algunas de las empresas están vertiendo en la actualidad sus aguas residuales a los vallados y cuerpos de agua superficial que llegan al humedal, sin ningún tratamiento; muestra de ello es que en la Secretaria Distrital de Ambiente existen expedientes abiertos contra muchas de estas empresas por no cumplir con la normatividad ambiental en cuanto a vertimientos.
- Otra de las problemáticas ambientales presentes, es la presencia de grandes cantidades de residuos sólidos que llevan a los cuerpos de agua, lo que indica que no sólo se están vertiendo las aguas residuales con grandes cargas contaminantes, sino que también desechan residuos sólidos de gran tamaño a los efluentes del humedal Guaymaral acrecentando la problemática ambiental que esta se presenta en la actualidad.
- Los humedales están dentro de los ecosistemas más diversos del planeta, debido a que alberga gran cantidad de especies endémicas y migratorias, además dentro de sus principales funciones está el de evitar inundaciones y regular la humedad en el ambiente. Con la intervención de las actividades antrópicas en el humedal Guaymaral, se ha visto disminuido el objetivo ecosistémico que este cumple, además se puede evidenciar que con el pasar del tiempo el cuerpo del humedal se ha disminuido, ya que han venido asentándose gran cantidad de población, debido a la proyección urbanística de la ciudad.

- Con base a la información suministrada por la Secretaria Distrital de Ambiente, sobre las caracterizaciones realizadas en el año 2015 a los puntos de vertimientos para significativos del humedal Guaymaral sector noroccidental, se pudo establecer que el punto que más carga contaminante presenta es el denominado TO-CL-161-RCHB, debido a que este recoge el agua residual de varias empresas ubicadas en la ronda hidráulica del humedal; el promedio de carga contaminante por DBO₅ es de 119.33 mg/L y de Sólidos Suspendidos de 103.33 mg/L, teniendo en cuenta que el caudal presente es estos vertimientos es en promedio de 45.08 L/s.
- En cuanto tasas retributivas, en el punto de vertimiento que más representación monetaria representa es el denominado por la Secretaria Distrital de Ambiente como TO-SSIMON-RCHB, que, por presentar valores elevados en sus caudales, 284 L/s en promedio, tiene un incremento en el valor a pagar. Con base a los tres muestreos realizados se puede determinar que los valores diarios a pagar por presencia de DBO₅ en las aguas residuales es de \$190.593 y \$59.071 por Sólidos Suspendidos.
- Es de gran importancia el cobro de tasas retributivas por contaminación de fuentes hídricas por vertimientos puntuales, debido a que esto incentiva a las empresas a disminuir las cargas contaminantes en sus vertimientos, por medio de pretratamientos, generando conciencia ambiental y así buscar la sostenibilidad de los recursos naturales.
- Con el fin de realizar acciones de mitigación ambiental, en cuanto a la disminución de cargas contaminantes aportadas por las aguas residuales domésticas, industriales, institucionales y comerciales, se planteó la posibilidad de apropiar tecnologías no convencionales para el tratamientos de estas aguas, donde sobresalieron dos, el tratamiento de aguas residuales

por medio de la aplicación a terreno y los filtros de turba, tecnologías que requieren poco uso energético y costos de funcionamiento bajos.

- Después de los pre dimensionamientos de cada una de las tecnologías, se estableció que la más apropiada al caso, es el tratamiento realizado por medio de filtros verdes, ya que requiere de un área disponible de 10.4 Ha aproximadamente, área que puede ser cultivada con especies de sauces o de pastizales, con el fin de buscar equilibrios ecosistémicos en la ronda hidráulica del humedal.
- Teniendo en cuenta los porcentajes de rendimientos de cada una de las alternativas propuestas, se determinó que los filtros verdes remueven 85% de los sólidos suspendidos, y el 90% de la DBO₅; mientras que los filtros de turba el 83%, de sólidos suspendidos y 82% de la DBO₅. En cuanto a la remoción de nutrientes los filtros verdes presentan un porcentaje de rendimiento de remoción del 51% mientras que los filtros de turba tienen un 27% de efectividad en la remoción de estos.
- Actualmente se evidencia que para el punto denominado TO-SSIMON-RCHB, la DBO₅ presenta en promedio una DBO₅ de 58.66 mg/L y de Sólidos Suspendidos de 36 mg/L, aplicando las dos tecnologías no convencionales, la carga contaminante que presentaría después del tratamiento con filtros verdes para DBO₅ es de 5.86 mg/L y para sólidos suspendidos 5.4 mg/L; mientras que con los filtros de turba la DBO₅ quedaría en 10.56 mg/L y los Sólidos suspendidos 6.12 mg/L.
- Para el punto denominado TO-CL-161-RCHB, la DBO₅ se presenta en promedio una DBO₅ de 119.33 mg/L y de Sólidos Suspendidos de 103.33 mg/L, aplicando las dos tecnologías no convencionales, la carga contaminante que presentaría después del tratamiento con filtros verdes para

DBO₅ es de 11.93 mg/L y para sólidos suspendidos 15.5 mg/L; mientras que con los filtros de turba la DBO₅ quedaría en 21.48 mg/L y los Sólidos suspendidos 17.56 mg/L.

- Para el punto denominado TO-BOSQUEP-RCHB, la DBO₅ presenta en promedio una concentración de 6 mg/L y de Sólidos Suspendidos de 8 mg/L, aplicando las dos tecnologías no convencionales, la carga contaminante que presentaría después del tratamiento con filtros verdes para DBO₅ es de 0.6 mg/L y para sólidos suspendidos 1.2 mg/L; mientras que con los filtros de turba la DBO₅ quedaría en 1.08 mg/L y los Sólidos suspendidos 1.36 mg/L.
- En todos los casos los filtros verdes presentan mayor eficiencia en la remoción de carga contaminante y teniendo en cuenta lo estipulado en la Resolución 330 de 2017, donde se establecen los nuevos parámetros del RAS y la resolución 631 de 2015 por la cual se establecen los parámetros y valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales, las tecnologías cumplen con lo estipulado en la normatividad.

10 RECOMENDACIONES

- De parte de la Secretaria Distrital de Ambiente, se deben realizar con más frecuencia la toma de muestras que caractericen el agua que está siendo vertida a las fuentes hídricas que son efluentes del humedal Guaymaral, con el fin de que la entidad tome medidas; debido a que los muestres se están realizando cada dos años.
- Se debe implementar por parte de las autoridades ambientales. el decreto 2667 de 2012 a las empresas que contaminan las fuentes hídricas, con el fin de cobrar tasas retributivas y así incentivar la conciencia ambiental y aplicar el lema de quien contamina paga. Y con estos recursos poder financiar proyectos para la mejora y restauración de estos ecosistemas afectados por las actividades antrópicas.
- Regular las actividades que se van a permitir en la ronda hidráulica del sector noroccidental del humedal Guaymaral, teniendo en cuenta el uso del suelo, y así de esta manera buscar la protección y conservación del hábitat natural del humedal.
- Implementar en un futuro una tecnología no convencional para el tratamiento de las aguas residuales que son vertidas a los efluentes del sector noroccidental del humedal Guaymaral, empleando especies endémicas del área.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUADO ÁLVAREZ, J. P. (2010). *La autopista que partió en dos el humedal*. Bogotá.
- ALIANZA POR EL AGUA. (2008). *MANUAL DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES URBANAS*. ARPIrelieve.
- Asociación Bogotana de Ornitología. (2000). *Asociación Bogotana de Ornitología - ABO*. Obtenido de Asociación Bogotana de Ornitología - ABO: <http://avesbogota.org/avifauna.html>
- BALL, J., CARLE, J., & DEL LUNGO, A. (Febrero de 2005). Contribución de álamos y sauces a la silvicultura sostenible y al desarrollo rural. *Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales*, 56, 7 - 10.
- DEPARTAMENTO DE MEDIO AMBIENTE DEL BANCO MUNDIAL. (2013). *Procedimientos y problemas intersectoriales*.
- DÍAZ LÓPEZ, D. (2011). *Fundación Universitaria Autónoma de Colombia*. Obtenido de http://www.fuac.edu.co/recursos_web/documentos/ing.ambiental/ESTRUCTURA_ECOLOGICA_PRINCIPAL_DE_BOGOTA_2.pdf
- EAB. (2003). *Los Humedales de Bogotá y la Sabana*. Bogotá, Colombia: EAB CIC.
- ECOLOGY AND ENVIRONMENT INC. (1998). *PLAN DE MANEJO AMBIENTAL: HUMEDAL GUAYMARAL*. Bogotá.
- EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ. (2003). *LOS HUMEDALES DE BOGOTÁ Y LA SABANA 2*. Bogotá.
- FUENTES BELTRÁN, R. (2010). *Sistemas de Depuración Natural. Tecnología para la depuración sostenible del agua residual*. Obtenido de <http://depuranatura.blogspot.com.co/2011/05/filtros-de-turba-filtros-de-turba-se.html>
- GONZÁLEZ DELGAO, M. N., OROZCO BARRENETXEA, C., PÉREZ SERRANO, A., ALFAYATE BLANCO, J. M., & RODRIGUEZ VIDAL, F. J. (2008).

- Contaminación Ambiental. Una visión desde la química.* Madrid: Ediciones Paraninfo, S.A.
- HAGBRINK, I. (14 de Abril de 2016). *BANCO MUNDIAL*. Obtenido de <http://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>
- IDEAM. (2004). *ESTUDIO DE LA CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DE BOGOTÁ Y CUENCA ALTA DEL RÍO TUNJUELO*. Bogotá: IDEAM.
- INSTITUTE FOR EUROPEAN ENVIRONMENTAL POLICY. (2013). THE ECONOMICS OF ECOSYSTEMS AND BIODIVERSITY FOR WATER AND WETLANDS. *RAMSAR*, (págs. 3-84).
- LÓPEZ BARRERA, E. A., PLATA RANGEL, Á. M., & FUENTES COTES, M. M. (2015). *HUMEDAL TORCA-GUAYMARAL INICIATIVA PARA SU CONSERVACIÓN*. Bogotá: Fondo de Publicaciones.
- LÓPEZ, H. (07 de 12 de 2010). *TÉCNICA INDUSTRIAL*. Obtenido de <http://www.tecnicaindustrial.es/tifrontal/a-355-Eliminacion-nitrogeno-amoniaco-aguas-residuales-sanitarias.aspx>
- MEJÍA DE PUMAREJO, M. (22 de Mayo de 2017). *ACODAL*. Obtenido de <http://www.acodal.org.co>
- METCALF & EDDY. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse* (Vol. Volumen 1). Boston, Estados Unidos: McGraw-Hill.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1434-plantilla-negocios-verdes-y-sostenibles-51>
- ONU. (25 de Junio de 2017). *Objetivos del Desarrollo Sostenible*. Obtenido de <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- RAMSAR. (2012). *RAMSAR*. Obtenido de <http://www.ramsar.org/es/sitios-paises/designacion-de-sitios-ramsar>
- ROMERO ROJAS, J. (2016). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. Teoría y principios de diseño*. Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.

- SALAS RODRÍGUEZ, J. J., PIDRE BOCARDO, J. R., & MARTÍN GARCÍA, I. (2001). *MANUAL DE TECNOLOGÍAS NO CONVENCIONALES PARA LA DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES*. Anadalucía: Coria Gráfica.
- SOLANES, M., & GONZALEZ-VILLAREAL, F. (2001). Los Principios de Dublin Reflejados en una Los Principios de Dublin Reflejados en una Institucionales y Legales para una Gestión Integrada del Agua. Estocolmo, Suecia: Global Water Partnership.

Estudio de dos alternativas de tecnologías no convencionales para el tratamiento de aguas residuales vertidas en el sector noroeste del humedal Guaymaral en la ciudad de Bogotá

ANEXOS

ANEXO 1. CARACTERIZACIONES DE AGUAS RESIDUALES SDA 2015

REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. A-9807-15

Bogota D.C., Noviembre 13 de 2015

Página 1 de 2

DATOS DEL CLIENTE	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA
SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE AURITA BELLO N.E. 3778950 contrato1355de2015.antek@ambientebogota.gov.co	PRODUCTO/MATRIZ: AGUA SUPERFICIAL MUESTREO A CARGO DE: ANTEK S.A.S. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: MPM-5.7-10 PLAN DE MUESTREO ANTEK No.: 3859 IDENTIFICACION DE MONITOREO: SEMANA 10 SEGUN PROGRAMACION SDA NUMERO TOTAL DE MUESTRAS: 1 LUGAR DE MUESTREO: TO - SSIMON - RCHB TIPO DE MUESTREO: COMPUUESTO
FECHA DE MUESTREO: 2015-10-23	FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS: 2015-10-24
FECHA DE ANALISIS: 2015-10-24 AL 2015-11-03	
Rango de Temperatura Ambiente Durante los Ensayos (°C): 13 - 35 :: Humedad Relativa Durante los Ensayos (%): < 80	

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	TO-SSIMON
HORA	h.	---	---	ANTEK 143487
TEMPERATURA AMBIENTE (MIN/MAX)	°C	TERMOMETRICO	SM 2550 B	16:00-18:00
TEMPERATURA MUESTRA (MIN/MAX)	°C	TERMOMETRICO	SM 2550 B	13,0-17,8
pH (MIN/MAX)	UNIDADES	ELECTROMÉTRICO	SM 4500H+ B	17,1-18,4
CONDUCTIVIDAD (MIN/MAX)	µS/cm	ELECTROMETRICO	SM 2510 B	7,28-7,45
OXIGENO DISUELTO (MIN/MAX)	mg/L O2	ELECTRODO DE MEMBRANA	SM 4500-O G	479,0-525,0
CAUDAL	L/s	MOLINETE	PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL AGUA. CAPITULO 2. IDEAM. 2007	0,91-1,07
NITRATOS	mg/L N - NO3	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV	SM 4500-NO3 B	2,39
NITRITOS	mg/L N - NO2	COLORIMETRICO	SM 4500-NO2- B	0,038
NITROGENO TOTAL (SC11)	mg/L	KJELDAHL	SM 4500-NORG C, 4500 NH3 B,E	26,29
FOSFORO TOTAL	mg/L P	DIGESTION - COLORIMETRICO	SM 4500-P E	6,07
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	SECADO A 103-105° C - GRAVIMETRICO	SM 2540 D	22
DBO5	mg/L O2	INCUBACIÓN 5 DÍAS - ELECTRODO DE MEMBRANA	SM 5210 B - SM 4500-O G	65
DQO	mg/L O2	REFLUJO CERRADO - VOLUMETRICO	SM 5220 C	108
TENSOACTIVOS	mg/L LAS	COLORIMETRICO	SM 5540 C	3,06

N.E. : NO ESTABLECIDO N.A. : NO APLICA SC-11: ENSAYOS SUBCONTRATADOS CON EL LABORATORIO CIAN EN LA CARRERA 72A N° 48 - 20 BOGOTA, COLOMBIA ANTEK S.A. SE HACE RESPONSABLE DE LOS ANÁLISIS SUBCONTRATADOS

OBSERVACIONES:
 METODO DE ANALISIS UTILIZADO: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22nd EDITION 2012, APHA, AWWA, WEF.

ANEXOS A ÉSTE INFORME:
 ANEXO 1: PARAMETROS IN SITU (1 Hoja)

RESULTADOS VALIDOS UNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S) - PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL DE ESTE INFORME SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO - LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTO O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE - LOS LABORATORIOS CON LOS QUE SE SUBCONTRATAN ANALISIS SON ACREDITADOS POR EL INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM EL CUAL NO ES UN ORGANISMO DE Acreditacion FIRMANTE DEL ACUERDO DE RECONOCIMIENTO MULTILATERAL DE ILAC (INTERNATIONAL LABORATORY ACCREDITATION COOPERATION). EL MINISTERIO DE AMBIENTE BAJO EL DECRETO 1000 DEL 27 DE JULIO DE 1994. DELEGA AL IDEAM COMO ORGANISMO PARA DIRIGIR Y COORDINAR EL SISTEMA DE INFORMACION AMBIENTAL, Y LA RED DE LABORATORIOS QUE PRODUZCAN DATOS E INFORMACION FISICA, QUIMICA Y BIOTICA A NIVEL NACIONAL.

ANTEK - OSBODASLTE1 - SOLUCIONES ANALITICAS PARA LA INDUSTRIA

REVISO


P.Q. ANA CATALINA ROA
 Jefe de Laboratorio

AUTORIZO


P.Q. LUIS ARTURO SUSPES
 Dirección Técnica y Laboratorio



REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. A-9807-15

Pagina 2 de 2

Bogota D.C., Noviembre 13 de 2015

DATOS DEL CLIENTE	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	
SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE AURITA BELLO N.E. 3778950 contrato1355de2015.antek@ambientebogota.gov.co	PRODUCTO/MATRIZ: AGUA SUPERFICIAL MUESTREO A CARGO DE: ANTEK S.A.S. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: MPM-5.7-10 PLAN DE MUESTREO ANTEK No.: 3859 IDENTIFICACION DE MONITOREO: SEMANA 10 SEGUN PROGRAMACION SDA NUMERO TOTAL DE MUESTRAS: 1 LUGAR DE MUESTREO: TO - SSIMON - RCHB TIPO DE MUESTREO: COMPUESTO	FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS: 2015-10-24 FECHA DE ANALISIS: 2015-10-24 AL 2015-11-03
FECHA DE MUESTREO: 2015-10-23 Rango de Temperatura Ambiente Durante los Ensayos (°C): 13 - 35 :: Humedad Relativa Durante los Ensayos (%): < 80		

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	TO-SSIMON
				ANTEK 143487
GRASAS Y ACEITES	mg/L	PARTICION / INFRARROJO	SM 5520 C	5,67
COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	ENSAYO DE SUSTRATO ENZIMATICO	SM 9223 B	22 470 000
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	FERMENTACION EN TUBOS MULTIPLES	SM 9221 E	4 300 000

N.E. : NO ESTABLECIDO N.A. : NO APLICA SC-11: ENSAYOS SUBCONTRATADOS CON EL LABORATORIO CIAN EN LA CARRERA 72A N° 48 - 20 BOGOTA, COLOMBIA ANTEK S.A. SE HACE RESPONSABLE DE LOS ANÁLISIS SUBCONTRATADOS

OBSERVACIONES:
 METODO DE ANALISIS UTILIZADO: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22nd EDITION 2012, APHA, AWWA, WEF.

ANEXOS A ÉSTE INFORME:
 ANEXO 1: PARAMETROS IN SITU (1 Hoja)

RESULTADOS VALIDOS UNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S) - PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL DE ESTE INFORME SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO - LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTO O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE - LOS LABORATORIOS CON LOS QUE SE SUBCONTRATAN ANALISIS SON ACREDITADOS POR EL INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM) EL CUAL NO ES UN ORGANISMO DE ACREDITACION FIRMANTE DEL ACUERDO DE RECONOCIMIENTO MULTILATERAL DE ILAC (INTERNATIONAL LABORATORY ACCREDITATION COOPERATION), EL MINISTERIO DE AMBIENTE BAJO EL DECRETO 1600 DEL 27 DE JULIO DE 1994, DELEGA AL IDEAM COMO ORGANISMO PARA DIRIGIR Y COORDINAR EL SISTEMA DE INFORMACION AMBIENTAL, Y LA RED DE LABORATORIOS QUE PRODUCEN DATOS E INFORMACION FISICA, QUIMICA Y BIOTICA A NIVEL NACIONAL.

ANTEK - QS0509A31E1 - SOLUCIONES ANALITICAS PARA LA INDUSTRIA

REVISO


P.Q. ANA CATALINA ROA
 Jefe de Laboratorio

AUTORIZO


P.Q. LUIS ARTURO SUSPES
 Direccion Tecnica y Laboratorio

FIN DE REPORTE DE RESULTADOS A-9807-15



REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. A-8267-15

Bogota D.C., Octubre 5 de 2015

Página 3 de 3

DATOS DEL CLIENTE		IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	
SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE AURITA BELLO N.E. 3778950 contrato1355de2015.antek@ambientebogota.gov.co		PRODUCTO/MATRIZ: AGUA SUPERFICIAL MUESTREO A CARGO DE: ANTEK S.A.S. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: MPM-5.7-10 PLAN DE MUESTREO ANTEK No.: 3381 IDENTIFICACION DE MONITOREO: SEGÚN PROGRAMACIÓN SDA NUMERO TOTAL DE MUESTRAS: 1 LUGAR DE MUESTREO: TO - SSIMON RCHB TIPO DE MUESTREO: COMPUESTO	
FECHA DE MUESTREO: 2015-09-18		FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS: 2015-09-19	
		FECHA DE ANALISIS: 2015-09-19 AL 2015-09-28	
Rango de Temperatura Ambiente Durante los Ensayos (°C): 13 - 35 :: Humedad Relativa Durante los Ensayos (%): < 80			

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	TO-SSIMON
TENSOACTIVOS	mg/L LAS	COLORIMETRICO	SM 5540 C	ANTEK 126510
GRASAS Y ACEITES	mg/L	PARTICION / INFRARROJO	SM 5520 C	<0,150
COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	ENSAYO DE SUSTRATO ENZIMATICO	SM 9223 B	2,74
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	FERMENTACION EN TUBOS MULTIPLES	SM 9221 E	250 400
				17 000

N.E. : NO ESTABLECIDO N.A. : NO APLICA E.A.A. : ESPECTROMETRIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA E.A.A./V.F. : ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON VAPOR FRÍO SC-11: ENSAYOS SUBCONTRATADOS CON EL LABORATORIO CIAN EN LA CARRERA 72A N° 48 - 20 BOGOTÁ, COLOMBIA SC-12: ESTOS ENSAYOS FUERON SUBCONTRATADOS CON EL LABORATORIO CHEMILAB UBICADO EN LA CARRERA 21 N° 195 - 50 BODEGA 6-7 BOGOTÁ, COLOMBIA ANTEK S.A. SE HACE RESPONSABLE DE LOS ANALISIS SUBCONTRATADOS

OBSERVACIONES:

MÉTODO DE ANÁLISIS UTILIZADO: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22nd EDITION 2012, APHA, AWWA, WEF.

ANEXOS A ÉSTE INFORME:

ANEXO 1: PARÁMETROS IN SITU (1 Hoja)

RESULTADOS VALIDOS UNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S) - PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL DE ESTE INFORME SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO - LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTO O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE - LOS LABORATORIOS CON LOS QUE SE SUBCONTRATAN ANALISIS SON ACREDITADOS POR EL INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM EL CUAL NO ES UN ORGANISMO DE ACREDITACION FIRMANTE DEL ACUERDO DE RECONOCIMIENTO MULTILATERAL DE ILAC (INTERNATIONAL LABORATORY ACCREDITATION COOPERATION), EL MINISTERIO DE AMBIENTE BAJO EL DECRETO 1600 DEL 27 DE JULIO DE 1994, DELEGA AL IDEAM COMO ORGANISMO PARA DIRIGIR Y COORDINAR EL SISTEMA DE INFORMACION AMBIENTAL, Y LA RED DE LABORATORIOS QUE PRODUCIAN DATOS E INFORMACION FISICA, QUIMICA Y BIOTICA A NIVEL NACIONAL.

ANTEK - OSO4M13L1E1 - SOLUCIONES ANALITICAS PARA LA INDUSTRIA

REVISO


P.Q. ANA CATALINA ROA
Jefe de Laboratorio

AUTORIZO


P.Q. LUIS ARTURO SUSPES
DIRECCION TECNICA Y LABORATORIO

FIN DE REPORTE DE RESULTADOS A-8267-15



REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. A-8267-15

Bogota D.C., Octubre 5 de 2015

Página 1 de 3

DATOS DEL CLIENTE	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA
SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE AURITA BELLO N.E. 3778950 contrato1355de2015.antele@ambientebogota.gov.co	PRODUCTO/MATRIZ: AGUA SUPERFICIAL MUESTREO A CARGO DE: ANTEK S.A.S. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: MPM-5.7-10 PLAN DE MUESTREO ANTEK No.: 3381 IDENTIFICACION DE MONITOREO: SEGÚN PROGRAMACIÓN SDA NUMERO TOTAL DE MUESTRAS: 1 LUGAR DE MUESTREO: TO - SSIMON RCHB TIPO DE MUESTREO: COMPUESTO
FECHA DE MUESTREO: 2015-09-18	FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS: 2015-09-19
FECHA DE ANALISIS: 2015-09-19 AL 2015-09-28	
Rango de Temperatura Ambiente Durante los Ensayos (°C): 13 - 35 :: Humedad Relativa Durante los Ensayos (%): < 80	

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	TO-SSIMON
HORA	h.	---	---	ANTEK 126510
TEMPERATURA AMBIENTE (MIN/MAX)	°C	TERMOMETRICO	SM 2550 B	06:00-08:00
TEMPERATURA MUESTRA (MIN/MAX)	°C	TERMOMETRICO	SM 2550 B	9,6-15,5
pH (MIN/MAX)	UNIDADES	ELECTROMÉTRICO	SM 4500H+ B	16,6-17,6
CONDUCTIVIDAD (MIN/MAX)	µS/cm	ELECTROMETRICO	SM 2510 B	7,28-7,64
OXIGENO DISUELTO (MIN/MAX)	mg/L O2	ELECTRODO DE MEMBRANA	SM 4500-O G	163,8-173,6
CAUDAL	L/s	MICROMOLINETE	PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL AGUA. CAPITULO 2. IDEAM. 2007	399
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	VOLUMÉTRICO-EDTA	SM 2340 C	72,6
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	VOLUMÉTRICO	SM 2320 B	26,8
SULFUROS	mg/L S-2	YODOMETRICO	SM 4500- S2 F	<1,50
NITRATOS	mg/L N - NO3	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV	SM 4500-NO3 B	0,333
NITRITOS	mg/L N - NO2	COLORIMETRICO	SM 4500-NO2- B	0,022
NITRÓGENO AMONIACAL	mg/L N-NH3	DESTILACIÓN - VOLUMÉTRICO	SM 4500-NH3 B SM 4500-NH3 C	8,74
NITROGENO TOTAL (SC11)	mg/L	KJELDAHL	SM 4500-NORG C, 4500 NH3 B,E	12,9
FOSFORO TOTAL	mg/L P	DIGESTION - COLORIMETRICO	SM 4500-P E	0,985

N.E. : NO ESTABLECIDO N.A. : NO APLICA E.A.A. : ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA E.A.A./V.F. : ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON VAPOR FRÍO SC-11: ENSAYOS SUBCONTRATADOS CON EL LABORATORIO CIAN EN LA CARRERA 72A Nº 48 - 20 BOGOTÁ, COLOMBIA SC-12: ESTOS ENSAYOS FUERON SUBCONTRATADOS CON EL LABORATORIO CHEMILAB UBICADO EN LA CARRERA 21 Nº 195 - 50 BODEGA 6-7 BOGOTÁ, COLOMBIA ANTEK S.A. SE HACE RESPONSABLE DE LOS ANALISIS SUBCONTRATADOS

OBSERVACIONES:

MÉTODO DE ANÁLISIS UTILIZADO: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22nd EDITION 2012, APHA, AWWA, WEF.

ANEXOS A ÉSTE INFORME:

ANEXO 1: PARÁMETROS IN SITU (1 Hoja)

RESULTADOS VALIDOS UNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S) - PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL DE ESTE INFORME SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO - LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTO O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUJO - LOS LABORATORIOS CON LOS QUE SE SUBCONTRATAN ANALISIS SON ACREDITADOS POR EL INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM EL CUAL NO ES UN ORGANISMO DE ACREDITACION FIRMANTE DEL ACUERDO DE RECONOCIMIENTO MULTILATERAL DE ILAC (INTERNATIONAL LABORATORY ACCREDITATION COOPERATION), EL MINISTERIO DE AMBIENTE BAJO EL DECRETO 1600 DEL 27 DE JULIO DE 1994, DELEGA AL IDEAM COMO ORGANISMO PARA DIRIGIR Y COORDINAR EL SISTEMA DE INFORMACION AMBIENTAL, Y LA RED DE LABORATORIOS QUE PRODUZCAN DATOS E INFORMACION FISICA, QUIMICA Y BIOTICA A NIVEL NACIONAL.

ANTEK - QSOAM/SLTET - SOLUCIONES ANALITICAS PARA LA INDUSTRIA

REVISO

Antek
P.Q. ANA CATALINA ROA
 Jefe de Laboratorio

AUTORIZO

Antek
P.Q. LUIS ARTURO SUSPES
 Direccion Tecnica y Laboratorio





REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. A-8267-15

Bogota D.C., Octubre 5 de 2015

DATOS DEL CLIENTE	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	
SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE AURITA BELLO N.E. 3778950 contrato1355de2015.antek@ambientebogota.gov.co	PRODUCTO/MATRIZ: MUESTREO A CARGO DE: PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: PLAN DE MUESTREO ANTEK No.:	AGUA SUPERFICIAL ANTEK S.A.S. MPM-5.7-10 3381
	IDENTIFICACION DE MONITOREO: NUMERO TOTAL DE MUESTRAS: LUGAR DE MUESTREO: TIPO DE MUESTREO:	SEGÚN PROGRAMACIÓN SDA 1 TO - SSIMON RCHB COMPUESTO
FECHA DE MUESTREO: 2015-09-18	FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS: 2015-09-19	FECHA DE ANALISIS: 2015-09-19 AL 2015-09-28
Rango de Temperatura Ambiente Durante los Ensayos (°C): 13 - 35 :: Humedad Relativa Durante los Ensayos (%): < 80		

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	TO-SSIMON ANTEK 126510
CIANURO TOTAL	mg/L CN	DESTILACION COLORIMETRICO	SM 4500-CN B,C,E	<0,010
FENOLES TOTALES	mg/L	DESTILACION - EXTRACCION CLOROFORMO	SM 5530 B - SM 5530 C	<0,002
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	SECADO A 103-105° C - GRAVIMETRICO	SM 2540 D	58
DBO5	mg/L O2	INCUBACIÓN 5 DÍAS - ELECTRODO DE MEMBRANA	SM 5210 B - SM 4500-O G	33
DQO	mg/L O2	REFLUJO CERRADO - VOLUMETRICO	SM 5220 C	45
BARIO	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 D	<0,096
CADMIO	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 B	<0,010
ZINC	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 B	0,083
COBRE	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 B	<0,055
CROMO TOTAL	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 D	<0,0109
MANGANESO	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 B	<0,079
MERCURIO	mg/L	E.A.A./V.F.	SM 3112 B	<0,001 9
NIQUEL	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 B	<0,085
PLOMO	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 B	<0,050
ARSENICO TOTAL (SC-12)	mg As/L	A.A. - GENERACION DE HIDRUROS	EPA 7062, SM 3114 C	<0,010

N.E. : NO ESTABLECIDO N.A. : NO APLICA E.A.A. : ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA E.A.A./V.F. : ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON VAPOR FRIO SC-11: ENSAYOS SUBCONTRATADOS CON EL LABORATORIO CIAN EN LA CARRERA 72A Nº 48 - 20 BOGOTÁ, COLOMBIA SC-12: ESTOS ENSAYOS FUERON SUBCONTRATADOS CON EL LABORATORIO CHEMILAB UBICADO EN LA CARRERA 21 Nº 195 - 50 BODEGA 6-7 BOGOTÁ, COLOMBIA ANTEK S.A. SE HACE RESPONSABLE DE LOS ANALISIS SUBCONTRATADOS

OBSERVACIONES:

MÉTODO DE ANÁLISIS UTILIZADO: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22nd EDITION 2012, APHA, AWWA, WEF.

ANEXOS A ÉSTE INFORME:

ANEXO 1: PARÁMETROS IN SITU (1 Hoja)

RESULTADOS VALIDOS UNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S) - PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL DE ESTE INFORME SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO - LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTO O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE - LOS LABORATORIOS CON LOS QUE SE SUBCONTRATAN ANALISIS SON ACREDITADOS POR EL INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM EL CUAL NO ES UN ORGANISMO DE ACREDITACION FIRMANTE DEL ACUERDO DE RECONOCIMIENTO MULTILATERAL DE ILAC (INTERNATIONAL LABORATORY ACCREDITATION COOPERATION) EL MINISTERIO DE AMBIENTE BAJO EL DECRETO 1600 DEL 27 DE JULIO DE 1994. DELEGA AL IDEAM COMO ORGANISMO PARA DIRIGIR Y COORDINAR EL SISTEMA DE INFORMACION AMBIENTAL, Y LA RED DE LABORATORIOS QUE PRODUZCAN DATOS E INFORMACION FISICA, QUIMICA Y BIOTICA A NIVEL NACIONAL.

ANTEK - QS04M/V3/TE1 - SOLUCIONES ANALITICAS PARA LA INDUSTRIA

REVISO

Ana Catalina Roa
P.Q. ANA CATALINA ROA
Jefe de Laboratorio

AUTORIZO

Luis Arturo Suspes
P.Q.I. LUIS ARTURO SUSPES
Direccion Tecnica y Laboratorio





REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. A-7294-15

Bogotá D.C., Septiembre 10 de 2015

Página 1 de 1



DATOS DEL CLIENTE		IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	
SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE AUTORIA DELITO N.E. 377880 contacto: 35542015 antek@ambientebogota.gov.co		PRODUCCION/ABRIG: MUESTRO A CARGO DE: PROCEDIMIENTO DE MUESTRO: PLAN DE MUESTRO ANTEK No.: IDENTIFICACION DE MONITOREO: NUMERO TOTAL DE MUESTRAS: LUGAR DE MUESTRO: TIPO DE MUESTRO:	
FECHA DE MUESTRO: 2015-08-25		FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS: 2015-08-27	
Rango de Temperatura Ambiente Durante los Ensayos (°C): 13 - 35 :: Humedad Relativa Durante los Ensayos (%): < 80		FECHA DE ANALISIS: 2015-08-27 AL 2015-09-04	

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	TOSIMON
HORA	h			ANTER 14:59
TEMPERATURA AMBIENTE (MIN/MAX)	°C	TERMOANALITICO	SM 2520 B	08:00 - 10:00
TEMPERATURA MUESTRA (MIN/MAX)	°C	TERMOANALITICO	SM 2520 B	15.8 - 23.4
pH (MIN/MAX)	UNIDADES	ELECTROANALITICO	SM 450H-B	16.3 - 17.1
CONDUCTIVIDAD (MIN/MAX)	µS/cm	ELECTROANALITICO	SM 25-C-B	7.15 - 7.21
OXIGENO DISUETO (MIN/MAX)	mg/L O2	ELECTRODO DE MEMBRANA	SM 4580-D 6	457 - 498
CAUDAL	LS	SOLUENTE	PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL AGUA CAPTULO 2, DEBAL	0.79 - 0.99
NITRATOS	mg/L N-NO3	ELECTROANALITICO IV	SM 450H-NOS B	241
NITRITOS	mg/L N-NO2	COLORIMETRICO	SM 4500-NOS 5	0.619
NITROGENO TOTAL (ST)	mg N/L	HEMBAL-UNT	SM 4500-NH4 D	0.042
FOSFORO TOTAL (ST)	mg/L	ACIDO ASCORBICO CON DIGESTION	SM 4500-P B E	20.6
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	RECULO A COLAR C-GRANMETRICO	SM 2540 D	2.53
DB5	mg/L O2	INCUBACION 5 DIAS ELECTRONICO DE MEMBRANA	SM 5210 B SM 4500 C-G	28
DBO	mg/L O2	REFLUJO CEREBADO - VOLUMETRICO	SM 5220 G	40
TENSIOACTIVOS	mg/L LAS	COLORIMETRICO	SM 5220 G	68
GRASAS Y ACEITES	mg/L	PARTICION / INFRARROJO	SM 4220 C	0.374
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ML	RESERVO DE AJUSTADO ENZIMATICO	SM 4221 B	4.88
COLIFORMES FECALES	MMP/100 ML	TERMINACION EN TUBOS MULTIPLES	SM 821 E	12.997.000
				3.500.000

N.E. NO ESTABLECIDA YA: NO APLICA S.F.V.; SIN PRACTICAR VISUAL E SC; ENSAYOS SUBCONTRATADOS CON EL LABORATORIO MASBOL EN LA CALLE 23AV B 18 - 20 BOGOTÁ.

METODO DE ANALISIS UTILIZADO: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 21st EDITION 2012, APHA, AWWA, WEF.

ANEXO 1: PARALABOR N. 0101 (1/10/11)

REVISO

ANALISIS

AUTORIZO



Calle 25B No. 85B - 54, Bogotá, D.C. - Colombia, PBX (57) 1 - 295 2333 anteksa@anteksa.com - reportes@anteksa.com - www.anteksa.com

RT-2.18-58-VZ

REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. A-8431-15

Bogota D.C., Octubre 8 de 2015

Pagina 1 de 2

DATOS DEL CLIENTE	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA
SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE AURITA BELLO N.E. 3778950 contrato1355de2015.ante@ambientebogota.gov.co	PRODUCTO/MATRIZ: AGUA SUPERFICIAL MUESTREO A CARGO DE: ANTEK S.A.S. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: MPM-5.7-10 PLAN DE MUESTREO ANTEK No.: 3461 IDENTIFICACION DE MONITOREO: SEGUN PROGRAMACION SDA NUMERO TOTAL DE MUESTRAS: 1 LUGAR DE MUESTREO: TO -CL 161- RCHB TIPO DE MUESTREO: COMPUUESTO
FECHA DE MUESTREO: 2015-09-23	FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS: 2015-09-23
Rango de Temperatura Ambiente Durante los Ensayos (°C): 13 - 35 :: Humedad Relativa Durante los Ensayos (%): < 80	
FECHA DE ANALISIS: 2015-09-23 AL 2015-10-02	

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	TO - CL 161
HORA	h.	----		ANTEK 128451
TEMPERATURA AMBIENTE (MIN/MAX)	°C	TERMOMETRICO	SM 2550 B	12:00 - 14:00
TEMPERATURA MUESTRA (MIN/MAX)	°C	TERMOMETRICO	SM 2550 B	17,3 - 20,1
pH (MIN/MAX)	UNIDADES	ELECTROMÉTRICO	SM 4500H+ B	17,4 - 19,4
CONDUCTIVIDAD (MIN/MAX)	µS/cm	ELECTROMETRICO	SM 2510 B	7,89 - 8,19
OXIGENO DISUELTO (MIN/MAX)	mg/L O2	ELECTRODO DE MEMBRANA	SM 4500-O G	485 - 532
CAUDAL	L/s	MICROMOLINETE		2,15 - 2,65
DUREZA TOTAL	mg/L CaCO3	VOLUMÉTRICO-EDTA	PROTICOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL AGUA. CAPITULO 2. IDEAM. 2007 SM 2340 C	43,8
ALCALINIDAD TOTAL	mg/L CaCO3	VOLUMÉTRICO	SM 2320 B	99,8
SULFUROS	mg/L S-2	YODOMETRICO	SM 4500- S2 F	140
NITRATOS	mg/L N - NO3	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV	SM 4500-NO3 B	<1,50
NITRITOS	mg/L N - NO2	COLORIMETRICO	SM 4500-NO2- B	1,16
NITRÓGENO AMONIAICAL	mg/L N-NH3	DESTILACIÓN - VOLUMÉTRICO	SM 4500-NH3 B SM 4500-NH3 C	0,021
NITROGENO TOTAL (SC11)	mg/L	KJELDAHL	SM 4500-NORG C, 4500 NH3 B,E	31,1
FOSFORO TOTAL	mg/L P	DIGESTION - COLORIMETRICO	SM 4500-P E	25,89
CIANURO TOTAL	mg/L CN	DESTILACION COLORIMETRICO	SM 4500-CN B,C,E	1,56
FENOLES TOTALES	mg/L	DESTILACION - EXTRACCION CLOROFORMO	SM 5530 B - SM 5530 C	<0,010
				0,117

N.E. : NO ESTABLECIDO N.A. : NO APLICA E.A.A. : ESPECTROMETRIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA E.A.A.V.F. : ESPECTROMETRIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON VAPOR FRÍO SC-11: ENSAYOS SUBCONTRATADOS CON EL LABORATORIO CIAN EN LA CARRERA 72A Nº 48 - 20 BOGOTÁ, COLOMBIA SC-12: ESTOS ENSAYOS FUERON SUBCONTRATADOS CON EL LABORATORIO CHEMILAB UBICADO EN LA CARRERA 21 Nº 195 - 50 BODEGA 6-7 BOGOTÁ, COLOMBIA ANTEK S.A. SE HACE RESPONSABLE DE LOS ANÁLISIS SUBCONTRATADOS

OBSERVACIONES:

MÉTODO DE ANÁLISIS UTILIZADO: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22nd EDITION 2012, APHA, AWWA, WEF.

ANEXOS A ÉSTE INFORME:

ANEXO 1: PARAMETROS IN SITU (1 Hoja)

RESULTADOS VALIDOS UNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S) - PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL DE ESTE INFORME SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO - LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTO O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE - LOS LABORATORIOS CON LOS QUE SE SUBCONTRATAN ANALISIS SON ACREDITADOS POR EL INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM EL CUAL NO ES UN ORGANISMO DE ACREDITACION FIRMANTE DEL ACUERDO DE RECONOCIMIENTO MULTILATERAL DE ILAC (INTERNATIONAL LABORATORY ACCREDITATION COOPERATION); EL MINISTERIO DE AMBIENTE BAJO EL DECRETO 1600 DEL 27 DE JULIO DE 1994. DELEGA AL IDEAM COMO ORGANISMO PARA DIRIGIR Y COORDINAR EL SISTEMA DE REFORMACION AMBIENTAL, Y LA RED DE LABORATORIOS QUE PRODUZCAN DATOS E INFORMACION FISICA, QUIMICA Y BIOTICA A NIVEL NACIONAL.

REVISO

Ana Catalina Roa
P.Q. ANA CATALINA ROA
 Jefe de Laboratorio

AUTORIZO

Luis Arturo Suspes
P.Q. LUIS ARTURO SUSPES
 Direccion Tecnica y Laboratorio



REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. A-8431-15

Página 2 de 2

Bogota D.C., Octubre 8 de 2015

DATOS DEL CLIENTE	IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	
SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE AURITA BELLO N.E. 3778950 contrato1355de2015.antek@ambientebogota.gov.co	PRODUCTO/MATRIZ: AGUA SUPERFICIAL MUESTREO A CARGO DE: ANTEK S.A.S. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: MPM-5.7-10 PLAN DE MUESTREO ANTEK No.: 3461 IDENTIFICACION DE MONITOREO: SEGÚN PROGRAMACIÓN SDA NUMERO TOTAL DE MUESTRAS: 1 LUGAR DE MUESTREO: TO -CL 161- RCHB TIPO DE MUESTREO: COMPUESTO	FECHA DE MUESTREO: 2015-09-23 FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS: 2015-09-23 FECHA DE ANALISIS: 2015-09-23 AL 2015-10-02
Rango de Temperatura Ambiente Durante los Ensayos (°C): 13 - 35 :: Humedad Relativa Durante los Ensayos (%): < 80		

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	TO - CL 161 ANTEK 128451
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	SECADO A 103-105° C - GRAVIMETRICO	SM 2540 D	54
DBO5	mg/L O2	INCUBACIÓN 5 DÍAS - ELECTRODO DE MEMBRANA	SM 5210 B - SM 4500-O G	130
DQO	mg/L O2	REFLUJO CERRADO - VOLUMETRICO	SM 5220 C	210
BARIO	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 D	<0,096
CADMIO	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 B	<0,015
ZINC	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 B	0,079
COBRE	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 B	<0,055
CROMO TOTAL	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 D	<0,109
MANGANESO	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 B	<0,079
MERCURIO	mg/L	E.A.A./V.F.	SM 3112 B	<0,002 3
NIQUEL	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 B	<0,085
PLOMO	mg/L	E.A.A.	SM 3030 E - SM 3111 B	<0,052
ARSENICO TOTAL (SC-12)	mg As/L	A.A. - GENERACION DE HIDRUROS	EPA 7062, SM 3114 C	<0,010
TENSOACTIVOS	mg/L LAS	COLORIMETRICO	SM 5540 C	1,60
GRASAS Y ACEITES	mg/L	PARTICION / INFRARROJO	SM 5520 C	16,8
COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	ENSAYO DE SUSTRATO ENZIMATICO	SM 9223 B	6 294 000
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	FERMENTACION EN TUBOS MULTIPLES	SM 9221 E	2 100 000

N.E. : NO ESTABLECIDO N.A. : NO APLICA E.A.A.: ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA E.A.A./V.F. : ESPECTROMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON VAPOR FRÍO SC-11: ENSAYOS SUBCONTRATADOS CON EL LABORATORIO CIAN EN LA CARRERA 72A N° 48 - 20 BOGOTÁ, COLOMBIA SC-12: ESTOS ENSAYOS FUERON SUBCONTRATADOS CON EL LABORATORIO CHEMILAB UBICADO EN LA CARRERA 21 N° 195 - 50 BODEGA 6-7 BOGOTÁ, COLOMBIA ANTEK S.A. SE HACE RESPONSABLE DE LOS ANALISIS SUBCONTRATADOS

OBSERVACIONES:

MÉTODO DE ANÁLISIS UTILIZADO: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22nd EDITION 2012, APHA, AWWA, WEF.

ANEXOS A ÉSTE INFORME:

ANEXO 1: PARAMETROS IN SITU (1 Hoja)

RESULTADOS VALIDOS UNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S) - PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL DE ESTE INFORME SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO - LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTO O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE - LOS LABORATORIOS CON LOS QUE SE SUBCONTRATAN ANALISIS SON ACREDITADOS POR EL INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM EL CUAL NO ES UN ORGANISMO DE ACREDITACION FIRMANTE DEL ACUERDO DE RECONOCIMIENTO MULTILATERAL DE ILAC (INTERNATIONAL LABORATORY ACCREDITATION COOPERATION), EL MINISTERIO DE AMBIENTE BAJO EL DECRETO 1600 DEL 27 DE JULIO DE 1994, DELEGA AL IDEAM COMO ORGANISMO PARA DIRIGIR Y COORDINAR EL SISTEMA DE INFORMACION AMBIENTAL, Y LA RED DE LABORATORIOS QUE PRODUCEN DATOS E INFORMACION FISICA, QUIMICA Y BIOTICA A NIVEL NACIONAL.

ANTEK - SOLUCIONES ANALITICAS PARA LA INDUSTRIA

REVISO

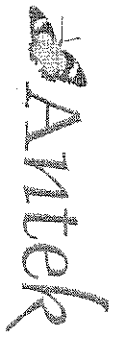
Ana Catalina Roa
P.Q. ANA CATALINA ROA
 Jefe de Laboratorio

AUTORIZO

Luis Arturo Suspes
P.Q. LUIS ARTURO SUSPES
 Direccion Tecnica y Laboratorio

FIN DE REPORTE DE RESULTADOS A-8431-15





Bogotá D.C., Septiembre 22 de 2015

REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. A-7832-15



Página 1 de 2

DATOS DEL CLIENTE		IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	
SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE ANITA BELLO 3778881 Correo: (Email) s.antek@antkiwebogota.gov.co	PRODUCTIVIDAD: MUESTRO A CARGO DE: PLAN DE MUESTRO DE MUESTRO: IDENTIFICACION DE MONITOREO: NUMERO TOTAL DE MUESTRAS: TIPO DE MUESTRO:	AGUA SUPERFICIAL ANTEL S.A.S 161-7-10 SEGUN PROGRAMACION SDA 1 TO-CL 161-RC-8 COMPLETO	FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS: 2015-08-29 FECHA DE ANALISIS: 2015-08-29 AL 2015-09-17

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	TO-CL 161
HORA	h			
TEMPERATURA AMBIENTE (MIN/MAX)	°C	TERMOELECTRICO	SM 2850 B	10.00 - 12.20
TEMPERATURA MUESTRA (MIN/MAX)	°C	TERMOELECTRICO	SM 2850 B	20.6 - 22.0
PH (MIN/MAX)	UNIDADES	ELECTROELECTRICO	SM 450M-B	22.2 - 22.8
CONDUCTIVIDAD (MIN/MAX)	µS/cm	ELECTROELECTRICO	SM 35 0-B	7.68-8.41
OXIGENO DISUELTO (MIN/MAX)	mg/L O2	ELECTRICO DE MEMBRANA	SM 4500-0	5.77-6.93
CAUDAL	L/s	MICROMOLUENTE	FACTORIZADO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL AGUA CUBIERTO 2 IDEAL 300	2.33-2.80
NITRATOS	mg/L N-NO3	ESPECTROFOTOMETRICO UV	SM 4500-NO3-B	42.05
NITROS	mg/L N-NO2	COLORIMETRICO	SM 4500-NO2-B	<0.100
NITROGENO TOTAL (SOT)	mg N/L	KJELDAHL-ANTK	SM 4500-Norg-C	0.047
FOSFORO TOTAL (SOT)	mg/L	REDUCCION A IRS-ORG-C-ORFANOMETRICO	SM 4500-P-B-E	44.00
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	INDICACION 5 DIAS - ELECTRICO DE MEMBRANA	SM 2210-D	0.110
DB5	mg/L O2	REFLUJO CERVIDO - VOLUMETRICO	SM 5210-B, SM 4500-C-D	114
DQO	mg/L O2	COLORIMETRICO	SM 5200-C	120
TENSIOACTIVOS	mg/L LAS		SM 5540-C	183

N.E.: NO ESTABLECIDO N.A.: NO APPLICA SE ENSAYOS SUBCOMPARADOS CON EL LABORATORIO ANSCOL EN LA CALLE 25W 81B - 20 BOGOTÁ, COLOMBIA ANTEK S.A. SE HACE RESPONSABLE DE LOS ANALISIS SUBCOMPARADOS

OBSERVACIONES:
MÉTODO DE ANALISIS UTILIZADO: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22nd EDITION 2012 APHA, AWWA, WEF.

AMENIO: 1- PARAMETROS: IN SITU (7 Hoj)

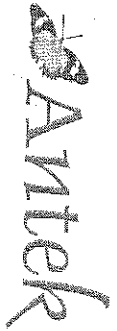
REVISO
Antek
P.O. ANA CATALINA ROA
Jefe de Laboratorio

AUTORIZO
Antek
P.O. LUIS ARTURO SUSPES
Direccion Técnica y Laboratorio

Calle 25B No. 85B - 54, Bogotá, D.C., Colombia. PBX (57) 1 - 295 2333
anteksa@anteksa.com - reportes@anteksa.com - www.anteksa.com



RF-15-05-12



Bogotá D.C., Septiembre 22 de 2015

REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. A-7832-15

Página 2 de 2

DATOS DEL CLIENTE		IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	
SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE ANITA BELLO 3778881 Correo: (Email) s.antek@antkiwebogota.gov.co	PRODUCTIVIDAD: MUESTRO A CARGO DE: PLAN DE MUESTRO DE MUESTRO: IDENTIFICACION DE MONITOREO: NUMERO TOTAL DE MUESTRAS: TIPO DE MUESTRO:	AGUA SUPERFICIAL ANTEL S.A.S 161-7-10 SEGUN PROGRAMACION SDA 1 TO-CL 161-RC-8 COMPLETO	FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS: 2015-08-29 FECHA DE ANALISIS: 2015-08-29 AL 2015-09-17

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	TO-CL 161
GRASAS Y ACEITES	mg/L	PARTICION INTERFAZIAL	SM 5520-C	ANTEK 19880
COLIFORMES TOTALES	MADRIDNIL	ENSAYO DE SUSTRATO ENZIMATICO	SM 9223-B	7.69
COLIFORMES FECALES	MMP/100 mL	FERMENTACION EN TUBOS MULTITRILES	SM 9221-E	140 800
				32 000

N.E.: NO ESTABLECIDO N.A.: NO APPLICA SE ENSAYOS SUBCOMPARADOS CON EL LABORATORIO ANSCOL EN LA CALLE 25W 81B - 20 BOGOTÁ, COLOMBIA ANTEK S.A. SE HACE RESPONSABLE DE LOS ANALISIS SUBCOMPARADOS

OBSERVACIONES:
MÉTODO DE ANALISIS UTILIZADO: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22nd EDITION 2012 APHA, AWWA, WEF.

AMENIO: 1- PARAMETROS: IN SITU (1 Hoja)

4272

Orden de servicio
6481575

DESTINATARIO
RECIBO DEL PLAR CASTELLANOS
IN 72A - 11A 90 AP 304 105

REMITANTE
SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE
AV. CARACAS N° 54-08 - 1932-2

Acuse de recibo
MD156176955CO

Admitido 12/10/2016

Peso 20.00

REVISO
Antek
P.O. ANA CATALINA ROA
Jefe de Laboratorio

AUTORIZO
Antek
P.O. LUIS ARTURO SUSPES
Direccion Técnica y Laboratorio

Calle 25B No. 85B - 54, Bogotá, D.C., Colombia. PBX (57) 1 - 295 2333
anteksa@anteksa.com - reportes@anteksa.com - www.anteksa.com



RF-15-05-12

REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. A-8849-15

Bogota D.C., Octubre 23 de 2015

Página 1 de 2

DATOS DEL CLIENTE		IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	
SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE AURITA BELLO N.E. 3778950 contrato1355de2015.anlek@ambientebogota.gov.co		PRODUCTO/MATRIZ:	AGUA SUPERFICIAL
		MUESTREO A CARGO DE:	ANTEK S.A.S.
		PROCEDIMIENTO DE MUESTREO:	MPM-5.7-10
		PLAN DE MUESTREO ANTEK No.:	3683
		IDENTIFICACION DE MONITOREO:	SEMANA 8 SEGUN PROGRAMACION SDA
		NUMERO TOTAL DE MUESTRAS:	1
		LUGAR DE MUESTREO:	TO -BOSQUEP RCHB
		TIPO DE MUESTREO:	COMPUESTO
FECHA DE MUESTREO: 2015-10-06		FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS: 2015-10-06	
		FECHA DE ANALISIS: 2015-10-06 AL 2015-10-14	
Rango de Temperatura Ambiente Durante los Ensayos (°C): 13 - 35 :: Humedad Relativa Durante los Ensayos (%): < 80			

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	TO-BOSQUE P
HORA	h.			ANTEK 135121
TEMPERATURA AMBIENTE (MIN/MAX)	°C	TERMOMETRICO	SM 2550 B	06:00:08:00
TEMPERATURA MUESTRA (MIN/MAX)	°C	TERMOMETRICO	SM 2550 B	7,5-11,7
pH (MIN/MAX)	UNIDADES	ELECTROMÉTRICO	SM 4500H+ B	14,2- 14,6
CONDUCTIVIDAD (MIN/MAX)	µS/cm	ELECTROMETRICO	SM 2510 B	7,60- 7,95
OXIGENO DISUELTO (MIN/MAX)	mg/L O2	ELECTRODO DE MEMBRANA	SM 4500-O G	46,0- 53,6
CAUDAL	L/s	MICROMOLINETE	PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL AGUA. CAPITULO 2. IDEAM. 2007	7,85- 8,25
NITRATOS	mg/L N - NO3	ESPECTROFOTOMÉTRICO UV	SM 4500-NO3 B	14,0
NITRITOS	mg/L N - NO2	COLORIMETRICO	SM 4500-NO2- B	<0,100
NITROGENO TOTAL (SC11)	mg/L	KJELDAHL	SM 4500-NORG C, 4500 NH3 B,E	0,017
FOSFORO TOTAL	mg/L P	DIGESTION - COLORIMETRICO	SM 4500-P E	<5,16
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	SECADO A 103-105° C - GRAVIMETRICO	SM 2540 D	0,945
DBO5	mg/L O2	INCUBACIÓN 5 DÍAS - ELECTRODO DE MEMBRANA	SM 5210 B - SM 4500-O G	<8
DQO	mg/L O2	REFLUJO CERRADO - VOLUMETRICO	SM 5220 C	<5
TENSOACTIVOS	mg/L LAS	COLORIMETRICO	SM 5540 C	<20
				<0,150

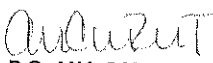
N.E. : NO ESTABLECIDO N.A. : NO APLICA SC-11: ENSAYOS SUBCONTRATADOS CON EL LABORATORIO CIAN EN LA CARRERA 72A N° 48 - 20 BOGOTA, COLOMBIA ANTEK S.A. SE HACE RESPONSABLE DE LOS ANÁLISIS SUBCONTRATADOS

OBSERVACIONES:
METODO DE ANALISIS UTILIZADO: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22nd EDITION 2012, APHA, AWWA, WEF.

ANEXOS A ÉSTE INFORME:
ANEXO 1: PARAMETROS IN SITU (1 Hojas)

RESULTADOS VALIDOS UNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S) - PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL DE ESTE INFORME SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO - LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTO O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE - LOS LABORATORIOS CON LOS QUE SE SUBCONTRATAN ANALISIS SON ACREDITADOS POR EL INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM EL CUAL NO ES UN ORGANISMO DE ACREDITACION FIRMANTE DEL ACUERDO DE RECONOCIMIENTO MULTILATERAL DE ILAC (INTERNATIONAL LABORATORY ACCREDITATION COOPERATION), EL MINISTERIO DE AMBIENTE BAJO EL DECRETO 1600 DEL 27 DE JULIO DE 1984, DELEGA AL IDEAM COMO ORGANISMO PARA DIRIGIR Y COORDINAR EL SISTEMA DE INFORMACION AMBIENTAL, Y LA RED DE LABORATORIOS QUE PRODUZCAN DATOS E INFORMACION FISICA, QUIMICA Y BIOTICA A NIVEL NACIONAL.

ANTEK - 0504000SLTE1 - SOLUCIONES ANALITICAS PARA LA INDUSTRIA

REVISO

P.Q. ANA CATALINA ROA
Jefe de Laboratorio

AUTORIZO

P.Q.I. LUIS ARTURO SUSPES
Direccion Tecnica y Laboratorio





REPORTE DE RESULTADOS DE LABORATORIO No. A-8849-15

Bogota D.C., Octubre 23 de 2015

DATOS DEL CLIENTE		IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	
SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE AURITA BELLO N.E. 3778950 contrato1355de2015.antek@ambientebogota.gov.co		PRODUCTO/MATRIZ: AGUA SUPERFICIAL MUESTREO A CARGO DE: ANTEK S.A.S. PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: MPM-5.7-10 PLAN DE MUESTREO ANTEK No.: 3683 IDENTIFICACION DE MONITOREO: SEMANA 8 SEGUN PROGRAMACION SDA NUMERO TOTAL DE MUESTRAS: 1 LUGAR DE MUESTREO: TO -BOSQUEP RCHB TIPO DE MUESTREO: COMPUESTO	
FECHA DE MUESTREO: 2015-10-06		FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS: 2015-10-06	FECHA DE ANALISIS: 2015-10-06 AL 2015-10-14
Rango de Temperatura Ambiente Durante los Ensayos (°C): 13 - 35 :: Humedad Relativa Durante los Ensayos (%): < 80			

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	TO-BOSQUE P ANTEK 135121
GRASAS Y ACEITES	mg/L	PARTICION / INFRARROJO	SM 6520 C	0,790
COLIFORMES TOTALES	NMP/100mL	ENSAYO DE SUSTRATO ENZIMATICO	SM 9223 B	1 471
COLIFORMES FECALES	NMP/100 mL	FERMENTACION EN TUBOS MULTIPLES	SM 9221 E	110

N.E.: NO ESTABLECIDO N.A.: NO APLICA SC-11: ENSAYOS SUBCONTRATADOS CON EL LABORATORIO CIAN EN LA CARRERA 72A N° 48 - 20 BOGOTA, COLOMBIA ANTEK S.A. SE HACE RESPONSABLE DE LOS ANÁLISIS SUBCONTRATADOS

OBSERVACIONES:
METODO DE ANALISIS UTILIZADO: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22nd EDITION 2012, APHA, AWWA, WEF.

ANEXOS A ÉSTE INFORME:
ANEXO 1: PARAMETROS IN SITU (1 Hojas)

RESULTADOS VALIDOS UNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S) - PROHIBIDA LA REPRODUCCION PARCIAL DE ESTE INFORME SIN AUTORIZACION ESCRITA DEL LABORATORIO - LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS NO DEBEN SER UTILIZADOS COMO UNA CERTIFICACION DE CONFORMIDAD CON NORMAS DE PRODUCTO O COMO CERTIFICADO DEL SISTEMA DE CALIDAD DE LA ENTIDAD QUE LO PRODUCE - LOS LABORATORIOS CON LOS QUE SE SUBCONTRATAN ANALISIS SON ACREDITADOS POR EL INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES IDEAM EL CUAL NO ES UN ORGANISMO DE ACREDITACION FIRMANTE DEL ACUERDO DE RECONOCIMIENTO MULTILATERAL DE ILAC (INTERNATIONAL LABORATORY ACCREDITATION COOPERATION), EL MINISTERIO DE AMBIENTE BAJO EL DECRETO 1400 DEL 27 DE JULIO DE 1994, DELEGA AL IDEAM COMO ORGANISMO PARA DIRIGIR Y COORDINAR EL SISTEMA DE INFORMACION AMBIENTAL, Y LA RED DE LABORATORIOS QUE PRODUCAN DATOS E INFORMACION FISICA, QUIMICA Y BIOTICA A NIVEL NACIONAL.

ANTEK - OS040008LTET1 - SOLUCIONES ANALITICAS PARA LA INDUSTRIA

REVISO

Ana Catalina Roa
P.Q. ANA CATALINA ROA
Jefe de Laboratorio

AUTORIZO

Luis Arturo Suspes
P.Q. LUIS ARTURO SUSPES
Direccion Tecnica y Laboratorio

FIN DE REPORTE DE RESULTADOS A-8849-15





DATOS DEL CLIENTE		IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	
SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE ALFARTE BELLO N.E. 3778980 contacto@antek2015.antek@antkenhospita.gov.co	PRODUCTO/MATRIZ: MUESTRO A CARGO DE: PROCEDIMIENTO DE MUESTREO: IDENTIFICACION DE MUESTRA: NUMERO TOTAL DE MUESTRAS: LUGAR DE MUESTREO: TIPO DE MUESTREO:	AGUA SUPERFICIAL ANTEK S.A.S ANEXA 5-710 SESIÓN PROGRAMACION SDA TO BOSQUE P - RCHB COMPLETISTO	FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS: 2015-08-29 FECHA DE ANALISIS: 2015-08-28 AL 2015-09-06

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	TOBOSOLUP ANTEK 115784
HORA	h			12:00 - 14:00
TEMPERATURA AMBIENTE (MIN/MAX)	°C	TERMOELECTRICO	SM 2550 B	16,5 - 17,4
TEMPERATURA MUESTRA (MIN/MAX)	°C	TERMOELECTRICO	SM 2550 B	15,1 - 15,6
PH (MIN/MAX)		UNIDADES ELECTROMETRICO	SM 4500H-S	7,64 - 7,76
CONDUCTIVIDAD (MIN/MAX)	µS/cm	ELECTROMETRICO	SM 2510 B	34,1 - 42,6
OXIGENO DISUELTO (MIN/MAX)	mg/L O2	ELECTRODO DE MEMBRANA	SM 4500 O G	7,12 - 7,48
CAUDAL	L/s	MOLMETE	PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DEL AGUA, CAPITULO 2, IDEAM, 2017	8,704
NITRATOS	mg/L N-NO3	ESPECTROFOTOMETRICO UV	SM 4500-NO3 B	<0,100
NITRITOS	mg/L N-NO2	COLORIMETRICO	SM 4500-NO2 B	<0,012
NITROGENO TOTAL (SQ)	mg N/L	HELD-PLANTK	SM 4500-NO3 C	<4,08
FORMIO TOTAL (SQ)	mg/L	ACIDO ASCORBICO CON DIFERON	SM 4500 P/S E	0,960
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	SECADO A 103-104° C - GRAMMETRICO	SM 2540 D	<8
DP006	mg/L O2	INCUBACION 5 DIAS - ELECTRONICA DE MEMBRANA	SM 5210 S - SM 4500-D G	2
DOC	mg/L O2	REFLUJO CENIZADO - COLORIMETRICO	SM 5220 C	<20
TENSIOACTIVOS	mg/L LAS	COLORIMETRICO	SM 5540 C	<0,150
GRASAS Y ACETES	mg/L	PARTICION INFRARROJO	SM 5520 C	<0,670
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ML	ENSAYO DE SUSTANIO ENRIQUETECIDO	SM 9221 S	9 804
COLIFORMES FECALES	MMP/100 ML	FERMENTACION EN TUBOS MULTIPLES	SM 9221 E	1 200

NE. NO EVALUAMOS N.A. NI NO APLICA. S.C. ENSAYOS SUBCONTRATADOS CON EL LABORATORIO ANALISIS EN LA CALLE 239# 818 - 20 BOGOTÁ, COLOMBIA ANTEK S.A. SE HICE RESPONSABLE DE LOS ANALISIS SUBCONTRATADOS

METODO DE ANALISIS UTILIZADO: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22nd EDITION 2012, APHA, AMWA, WEF
OBSERVACIONES:
MUESTRO A CARGO DE:
ANEXO 5 - PARAMETROS EN SITI (11 mg/L)

ANTEK - 059834511-1E1 - SOLUCIONES ANALITICAS PARA LA INDUSTRIA
ANTEK es una empresa líder en el mercado de soluciones analíticas para la industria, con más de 20 años de experiencia en el sector. Nos dedicamos a proporcionar soluciones analíticas de alta calidad y precisión para nuestros clientes. Nuestra experiencia y conocimiento en el sector nos permite ofrecer servicios de análisis de agua y residuos líquidos y sólidos, así como servicios de consultoría y capacitación. Nos comprometemos a brindar servicios de alta calidad y precisión, con el fin de garantizar la satisfacción de nuestros clientes. Nos dedicamos a proporcionar soluciones analíticas de alta calidad y precisión para nuestros clientes. Nuestra experiencia y conocimiento en el sector nos permite ofrecer servicios de análisis de agua y residuos líquidos y sólidos, así como servicios de consultoría y capacitación. Nos comprometemos a brindar servicios de alta calidad y precisión, con el fin de garantizar la satisfacción de nuestros clientes.

REVISO
AUTORIZO
P. CATALINA ROA
Directora Técnica y Laboratorio
FIN DE REPORTE DE RESULTADOS A 7372-15





REPORT DE RESULTADOS DE LABORATORIO NO. A-733-15

Bogotá D.C., Septiembre 22 de 2015



Página 1 de 1

DATOS DEL CLIENTE SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE MONTA BELLO 3773681 correo: 335442015.ante@ambientebogota.gov.co		IDENTIFICACION DE LA MUESTRA PRODUCTO/MATRI- Z: AGUA SUPERFICIAL MUESTRO A CARGO DE: ANTEK S.A.S. PROCEDIMIENTO DE MUESTRO: MPKA-740 PLAN DE MUESTRO DE ANTEK NO.: 3235 IDENTIFICACION DE MONITOREO: SEGUN PROGRAMACION SDA NUMERO TOTAL DE MUESTRAS: 1 TIPO DE MUESTRO: P-RICH TIPO DE MUESTRO: COMPLETO	
FECHA DE MUESTRO: 2015-09-08 Rango de Temperatura Ambiente Durante los Ensayos (°C): 18 - 25 ± Humedad Relativa Durante los Ensayos (%): < 80		FECHA DE RECEPCION DE MUESTRAS: 2015-09-08 FECHA DE ANALISIS: 2015-09-08 AL 2015-09-17	

PARAMETRO	UNIDADES	TECNICA ANALITICA	METODO	TOBOSQUE P
PH	n	TERMOELECTRICO	SM 2550 B	14.00 - 16.00
TEMPERATURA AMBIENTE (MIN/MAX)	°C	TERMOELECTRICO	SM 2550 B	16.2 - 19.0
TEMPERATURA MUESTRA (MIN/MAX)	°C	TERMOELECTRICO	SM 2550 B	15.4 - 16.9
PH (MIN/MAX)	UNIDADES	ELECTROMETRICO	SM 4500H-B	7.17 - 7.55
CONDUCTIVIDAD (MIN/MAX)	µS/cm	ELECTROMETRICO	SM 2550 B	48.0 - 53.1
OXIGENO DISUELTO (MIN/MAX)	mg/L O2	ELECTRICO DE MEMBRANA	SM 4500-D	7.05 - 7.20
CAUDAL	L/s	INSTRUMENTAL	PROTODOLLO PARA EL MONITOREO Y REGISTRO DEL AGUA CAPTIVU 2 IDEMIL 2011	10.75
NITRATOS	mg/L N - NO3	ELECTRO-OTOMETRICO UV	SM 4500-NO3 B	< 0.100
NIITRITOS	mg/L N - NO2	COLORIMETRICO	SM 4500-NO2 B	0.015
AMONIO	mg/L NH4-N	KJEDAH-LUTK	SM 4500-NH4 C	< 4.00
FOSFORO TOTAL (SC)	mg/L	ACIDO ASCORBICO CON DIBESTON	SM 4500-PB E	1.43
SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	mg/L	SECADO A 103-105° C - GRAVIMETRICO	SM 2540 D	< 9
DBO5	mg/L O2	INCUBACION 5 DÍAS - ELECTRODO DE MEMBRANA	SM 1210 B - SM 4500-O G	< 5
DOLO	mg/L O2	HELIUO (ERRADO) - VOLUMETRICO	SM 5250 C	< 20
TENSIOACTIVOS	mg/L LAS	COLORIMETRICO	SM 5250 C	< 0.150
GRASAS Y ACEITES	mg/L	PARTICULO INFRARROJO	SM 5620 C	0.980
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ML	EMBAJO DE SUSTRATO ENZIMATICO	SM 1221 B	2.141
COLIFORMES FECALES	NMP/100 ML	FERMENTACION EN TUBOS MULTIPLES	SM 1221 E	3.10

N.E. NO ESTABLECIDA Y A NO AJUSTAR SUS VALORES SUBICONTINUAOS CON EL LABORATORIO ANTEK EN LA CALLE 22N 81B - 20 BOGOTÁ, COLOMBIA ANTEK S.A. SERVICE RESPONSABLE DE LOS ANALISIS SUBICONTINUAOS

METODO DE ANALISIS UTILIZADO: STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER & WASTEWATER 22nd EDITION 2012, APHA, AWWA, WEF.
 AMENOS A ESTE INFORME:
 ANEJO 11 FOTODUPLICADOS EN PDF Y / O JMI

REVISO

 ANA CATALINA ROA
 Jefe de Laboratorio

AUTORIZO

 P. Q. LUIS ARTURO SUSPES
 Dirección Técnica y Laboratorio
 FIN DE REPORTE DE RESULTADOS A-733-15



Calle 29B No. 85B - 54, Bogotá, D.C. - Colombia, PBX (57) 1 - 295 2333
 anteksa@anteksa.com - reportes@anteksa.com - www.anteksa.com

RT-3-B-81-VZ