

**DISEÑO DE UNIDADES DE TRATAMIENTO PARA EL SISTEMA DE
RECIRCULACIÓN DE AGUAS DEL ÁREA DE LAVADO DE VEHÍCULOS DE
LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P.**

PRESENTADO POR

**EDDER SANTIAGO MONTERO MATALLANA
CÓDIGO: 00000028365**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
TECNÓLOGO EN DESARROLLO AMBIENTAL**

**UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA EN DESARROLLO AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C
2015**

**DISEÑO DE UNIDADES DE TRATAMIENTO PARA EL SISTEMA DE
RECIRCULACIÓN DE AGUAS DEL ÁREA DE LAVADO DE VEHÍCULOS DE
LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P.**

PRESENTADO POR

**EDDER SANTIAGO MONTERO MATALLANA
CÓDIGO: 00000028365**

DIRECTOR

MEd (c) IQ ANDRÉS FELIPE MARTÍNEZ

**UNIVERSIDAD ECCI
FACULTAD DE INGENIERÍA
TECNOLOGÍA EN DESARROLLO AMBIENTAL
BOGOTÁ D.C
2015**

NOTA DE ACEPTACIÓN

FIRMA DEL PRESIDENTE DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

FIRMA DEL JURADO

BOGOTÁ D.C., Diciembre de 2015

CONTENIDO

Pág.		
	LISTA DE TABLAS	8
	LISTA DE GRÁFICAS.....	9
	RESUMEN.....	10
	INTRODUCCIÓN.....	11
	JUSTIFICACIÓN.....	12
1.	PROBLEMA	13
1.1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
2.	OBJETIVOS	14
2.1.	GENERAL.....	14
2.2.	ESPECÍFICOS.....	14
3.	MARCO REFERENCIAL.....	15
3.1.	MARCO TEÓRICO.....	15
3.1.1.	Agua en el mundo	15
3.1.2.	Consumo de agua en el mundo	16
3.1.3.	Antecedentes en aprovechamiento de aguas:	17
3.1.4.	Aguas lluvias	18
3.1.5.	Acueducto	19
3.1.6.	Aguas residuales.....	19
3.1.7.	Recirculación de aguas.....	19
3.1.8.	Descripción del Proceso.....	19
3.1.9.	Calidad de agua	24
3.1.10.	Técnicas analíticas para muestreo de aguas residuales.....	28
3.1.11.	Proyección	28
3.2.	MARCO LEGAL	29
3.3.	MARCO INSTITUCIONAL LIME S.A. E.S.P.	32
3.3.1.	Presentación de la Empresa	32
3.3.2.	Localización	33
3.3.3.	Infraestructura	33
3.3.4.	Área de lavado	34
3.3.5.	Instalaciones de agua potable.....	35
3.3.6.	Sistema de aguas lluvias.....	35
3.3.7.	Sistema de aguas residuales industriales	35
4.	METODOLOGÍA	37
5.	DESARROLLO.....	39
5.1.	ANÁLISIS DE MONITOREOS DE AGUAS RESIDUALES.....	39
5.1.1.	Demanda biológica de oxígeno (DBO ₅)	39
5.1.2.	Demanda química de oxígeno (DQO)	40
5.1.3.	Fenoles	40
5.1.4.	Grasas.....	40
5.1.5.	Hidrocarburos.....	41
5.1.6.	Potencial de Hidrógeno (pH)	41
5.1.7.	Plomo	41

5.1.8.	Tensoactivos	41
5.1.9.	Sólidos sedimentables	42
5.1.10.	Sólidos suspendidos totales.....	42
5.1.11.	Temperatura.....	42
5.2.	DISEÑO DE UNIDADES DE TRATAMIENTO	44
5.3.	TRATAMIENTO PARA GRASAS E HIDROCARBUROS.....	44
5.4.	UNIDAD DE TRATAMIENTO PARA FENOLES	46
5.4.1.	Torre de aireación con carbón activado	46
5.4.2.	Criterios y cálculos de diseño.....	47
5.4.3.	Cálculos	49
6.	PRESUPUESTO	55
7.	INDICADORES DE AHORRO DE AGUA PROYECTADOS	56
8.	CONCLUSIONES.....	58
9.	RECOMENDACIONES	59
	BIBLIOGRAFÍA.....	60

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Distribución de agua en la tierra	16
Tabla 2 Antecedentes mundiales de aprovechamiento de agua	17
Tabla 3 DBO ₅ presente en varios tipos de agua.....	25
Tabla 4 Técnicas analíticas para muestreo de aguas residuales.....	28
Tabla 5 Marco normativo	29
Tabla 6 Caracterización de agua residual del área de lavado de vehículos para los años 2013 y 2014.....	43
Tabla 7 Parámetros a tratar	44
Tabla 8 Monitoreos de grasas e hidrocarburos.....	45
Tabla 9 Criterios de diseño para aireadores de bandeja.	50
Tabla 10 Presupuesto para el diseño de la torre de aireación.....	55
Tabla 11 Consumo de agua.....	56

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1 Distribución de agua en el mundo	15
Gráfica 2 Descripción del recorrido del agua para el lavado.....	20
Gráfica 3 Trampa de sedimentos.....	22
Gráfica 4 Trampa de grasas	23
Gráfica 5 Caja de aforo	24
Gráfica 6 Monitoreo Grasas y aceites e Hidrocarburos	45
Gráfica 7 Descripción del proyecto	48
Gráfica 8 Dimensiones de Tanque 1 (Antes de torre de aireación)	49
Gráfica 9 Torre de aireación	53

RESUMEN

En este proyecto se diseñan unidades de tratamiento para un sistema de recirculación de aguas residuales industriales producidas por la actividad de lavado de vehículos de Limpieza Metropolitana S.A. E.S.P., empresa que presta el servicio público de aseo en las localidades de Suba y Usaquén de la ciudad de Bogotá, en concordancia a lo establecido en la Ley 373 de 1997. Para el desarrollo de este proyecto, se analizan las caracterizaciones de agua residual de los años 2013 y 2014, realizadas trimestralmente por un laboratorio certificado por el IDEAM, para así poder determinar los parámetros que deben ser mejorados en sus características y determinar la unidad más apropiada para el tratamiento de cada uno de los parámetros evaluados.

Una vez determinadas qué unidades de tratamiento deben diseñarse, se realizan los cálculos para determinar las dimensiones de cada una de las unidades, determinando la cantidad de agua que se va a recircular y con esta información establecer por medio de indicadores el ahorro tanto en metros cúbicos de agua como en dinero que se esperan una vez puesto en marcha el sistema de tratamiento y recirculación.

Por último se elabora un manual de operación y mantenimiento de las unidades de tratamiento existentes y proyectadas, donde se indica los procedimientos de operación y limpieza; la periodicidad de limpieza y la gestión de los residuos sólidos ordinarios y peligrosos que se generan durante el proceso.

INTRODUCCIÓN

“Cuando el pozo está seco, sabemos el valor del agua. ”

Benjamín Franklin

Más de 6000 niños en el mundo mueren a causa de falta de agua potable y saneamiento básico, en un día, esto quiere decir uno cada 15 segundos. (U.S. GEOLOGICAL SURVEY, 2007)

Se estima que en el año 2025, el agua será la causante de un conflicto político que marcará el siglo XXI, puesto que la demanda de agua será aproximadamente 56% mayor al suministro y quien tenga el privilegio del agua será víctima de un robo forzado, contradicción a lo expresado por la Organización de las Naciones Unidas acerca del derecho humano al agua. (U.S. GEOLOGICAL SURVEY, 2007)

El pasado 31 de octubre de 2011 nació el ciudadano 7.000 millones, existen estimaciones de las Naciones Unidas donde señalan que para el año 2025 la población mundial será de 8.500 millones de personas. Este es otro aspecto importante a tener en cuenta en la denominada “guerra del agua”, el crecimiento poblacional que proporcionalmente aumenta la demanda de agua. (UNESCO, 2009)

Generalmente las mayores tasas de crecimiento demográfico se observan en los países y sectores más pobres del mundo, sectores con deficiencias en salud, educación, oportunidades laborales y saneamiento básico. (UNESCO, 2009)

Una alternativa para mitigar estos impactos demográficos, sociales, culturales, ambientales y políticos que genera la escasez de agua en el mundo, es la implementación de modelos socioeconómicos y políticas estrictas que permitan generar la conciencia ambiental en términos de bienestar social e individual, haciendo un uso eficiente del recurso hídrico que permita la obtención del progreso en términos de saneamiento básico.

JUSTIFICACIÓN

Por medio de la Ley 373 de 1997 el Congreso de la Republica de Colombia estableció el Programa de uso eficiente y ahorro de agua (PUEAA), estableciendo en su artículo primero que: “Todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Se entiende por programa para el uso eficiente y ahorro de agua el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico.”.

A su vez las autoridades ambientales de cada municipio o distrito exigen a las empresas que hacen uso del recurso hídrico un PUEAA a nivel institucional, con el fin de poder articular los esfuerzos que cada organización al programa distrital o municipal.

Los componentes para la elaboración, presentación y ejecución del programa sostienen como principales ítems: reducción de pérdidas mediante controles de ingeniería y revisiones periódicas de los sistemas de conducción de agua; medición del consumo con estadísticas que permitan plantear unos indicadores de eficiencia reales; consumos básicos y máximos para realizar un seguimiento y control a la cantidad de agua consumida en el proceso productivo y de esta manera gestionar objetivos y metas de reducción; y reúso obligatorio del agua donde se establece que las aguas de origen superficial, subterráneo o lluvias una vez empleadas en el proceso productivo deben ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias dependiendo del proceso técnico y las características de las aguas a verter, en el caso de este proyecto, agua proveniente del lavado de vehículos que se utilizan para la prestación del servicio público de aseo en la ciudad de Bogotá, teniendo una carga contaminante mayor debido a la actividad.

El sistema de recirculación de aguas del área de lavado de vehículos de Limpieza Metropolitana S.A. E.S.P., busca generar una alternativa para la disminución del consumo de agua potable, mediante la utilización del recurso en otro proceso productivo que no requiera la calidad en que se presenta el agua lluvia o potable, disminuyendo la cantidad de vertimientos y el consumo de agua, en concordancia de la Ley 373 de 1997.

1. PROBLEMA

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La zona de lavado de los vehículos que se utilizan para la prestación del servicio público de aseo en la ciudad de Bogotá a cargo de Limpieza Metropolitana S.A. E.S.P., cuenta con un sistema de tratamiento de aguas residuales que permite dar cumplimiento a la normatividad aplicable vigente en materia de vertimientos, pero no se cuenta con un sistema para la recirculación de aguas, lo cual genera incremento en los costos de la factura de acueducto cuando no se logra captar suficiente agua lluvia y consumo innecesario de agua potable en una actividad, que no requiere una calidad tan alta como la que presenta el sistema de acueducto de Bogotá. Se deben implementar unidades de tratamiento para cada uno de los parámetros físicos, químicos o microbiológicos que deben mejorarse de acuerdo a las caracterizaciones realizadas a los vertimientos a tal punto que el agua residual pueda ser recirculada para el lavado de la playa vehicular de Lime S.A. E.S.P.

2. OBJETIVOS

2.1. GENERAL

Optimizar el sistema de tratamiento de agua residual para la recirculación y aprovechamiento de aguas en el área de lavado de vehículos de Limpieza Metropolitana S.A. E.S.P.

2.2. ESPECÍFICOS

- Complementar el sistema de tratamiento actual para el agua residual generada en el lavado de vehículos, con el fin de mejorar las características del efluente al punto de ser aceptable para otro proceso.
- Diseñar un manual de operación y mantenimiento para el sistema de recirculación de aguas para el lavado de vehículos.
- Evaluar por medio de indicadores, la cantidad de agua que se ahorraría con la implementación del sistema de recirculación de aguas y los beneficios económicos proyectados.

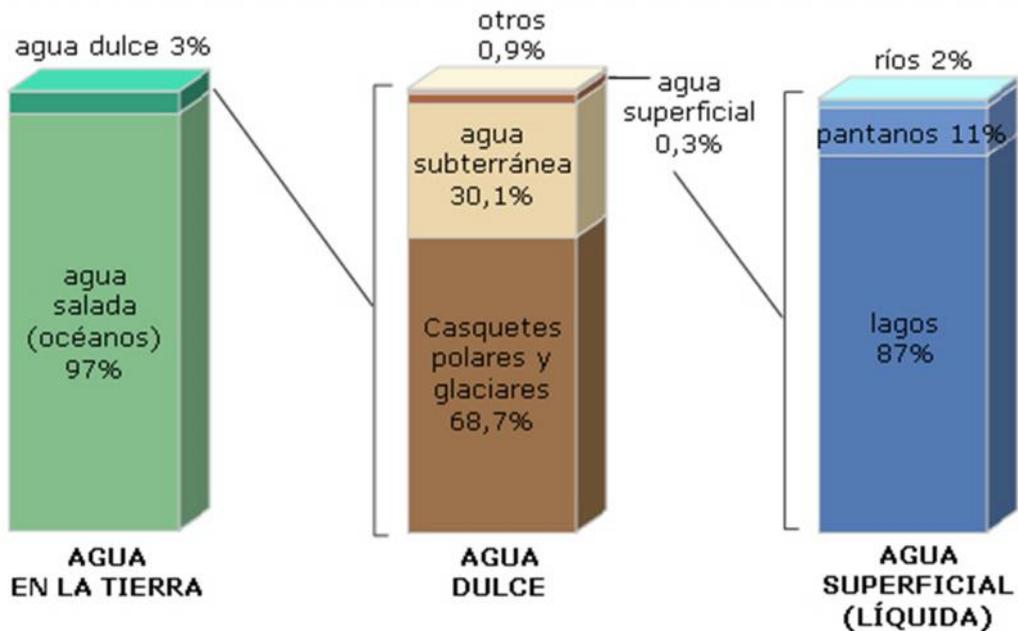
3. MARCO REFERENCIAL

3.1. MARCO TEÓRICO

3.1.1. Agua en el mundo

El agua es el elemento más importante y fundamental para la vida en la tierra, nuestro planeta contiene unos 525 millones de kilómetros cúbicos de agua, esta cantidad no ha disminuido ni aumentado en los últimos dos mil millones de años. Se calcula que alrededor de un 70% la superficie terrestres está cubierta de agua, pero de esta cantidad únicamente el 3% es agua dulce que se encuentra congelada, condensada, o en las fuentes hídricas superficiales o subterráneas. En la gráfica 1 se pueden observar la distribución del agua en el mundo. (U.S. GEOLOGICAL SURVEY, 2007)

Gráfica 1 Distribución de agua en el mundo



De ese 3%, la cantidad de agua que se pueden utilizar para el consumo humano es muy reducida, de acuerdo a lo que se observa en la tabla 1. (U.S. GEOLOGICAL SURVEY, 2007)

Tabla 1 Distribución de agua en la tierra

Distribución del agua en la Tierra				
Situación del agua	Volumen en km ³		Porcentaje	
	Agua dulce	Agua salada	de agua dulce	de agua total
Océanos y mares	-	1.338.000.000	-	96,5
Casquetes y glaciares polares	24.064.000	-	68,7	1,74
Agua subterránea salada	-	12.870.000	-	0,94
Agua subterránea dulce	10.530.000	-	30,1	0,76
Glaciares continentales y Permafrost	300.000	-	0,86	0,022
Lagos de agua dulce	91.000	-	0,26	0,007
Lagos de agua salada	-	85.400	-	0,006
Humedad del suelo	16.500	-	0,05	0,001
Atmósfera	12.900	-	0,04	0,001
Embalses	11.470	-	0,03	0,0008
Ríos	2.120	-	0,006	0,0002
Agua biológica	1.120	-	0,003	0,0001
Total agua dulce	35.029.110		100	-
Total agua en la tierra	1.386.000.000		-	100

3.1.2. Consumo de agua en el mundo

En países como Estados Unidos, China e India el consumo de agua es notablemente mayor, en especial, el consumo de agua subterránea, generando disminución en este recurso. Algunos ríos como el Colorado en Estados Unidos y el Amarillo en China se secan antes de llegar al mar. (URIBE & AMAYA, 2007)

Datos obtenidos de la Organización de las Naciones Unidas señalan que cada persona necesita un mínimo de 50 litros diarios de agua, lo que equivale a 18.250 litro en un año aproximadamente, de acuerdo a lo anterior, en

condiciones normales de clima y salud, el agua consumida para beber, higiene personal y preparación de alimentos es de 2,5 litros diarios por persona. (UNESCO, 2009)

3.1.3. Antecedentes en aprovechamiento de aguas:

En la tabla 2 se presentan diferentes opciones de aprovechamiento de agua de países con culturas y conocimientos muy ajenos a estos y que han desarrollado técnicas de aprovechamiento para mitigar los efectos causados por la difícil obtención del agua con algunos ejemplos más importantes en este tema. (URIBE & AMAYA, 2007)

Tabla 2 Antecedentes mundiales de aprovechamiento de agua

PAÍS	PROYECTO
<p>Japón</p>	<p>Fukuoka es la primera ciudad japonesa en proponer sistemas completos para el uso y la conservación del agua. En tiempos de sequías se generaron esfuerzos constantes por mantener un suministro para la ciudad, y en 1979 el ayuntamiento de Fukuoka diseño un plan colectivo de conciencia entre los habitantes. La ingeniería se enfocó en estrategias de evitar fugas disminuyendo el porcentaje al 5% convirtiendo esta ciudad con el menor índice de fugas en todo Japón.</p> <p>Cerca del 94.1% de los habitantes han empleado dispositivos que reducen el flujo del agua de manera significativa. Se han implementado inodoros especialmente diseñados para consumir 5 litros menos en cada descarga a los aparatos comunes. Hoy existen más de 490.000 inodoros utilizando este sistema de disminución de consumo.</p> <p>En 1980 nació el “Proyecto para reutilización de aguas residuales” usado en zonas amplias para la circulación de aguas tratadas. La cantidad de agua ahorrada con los sistemas de circulación individuales de las aguas de escorrentías de los tejados de cada edificio, y los sistemas de circulación de aguas residuales provenientes de descargas persistentes que son empleadas para el llenado de las cisternas logran una suma total de 7000 m³ diarios.</p> <p>Ha logrado consumir 20% menos de agua potable comparándola con otras ciudades equivalentes a su tamaño.</p> <p>Este proyecto se ha financiado con un de recargo equivalente a 1 yen por metro cúbico que pagan de manera igual todos los ciudadanos.</p>

	Fukuoka registra los primeros proyectos en cualquier ciudad del mundo enfocados hacia este fin, convirtiéndola entonces en un ejemplo digno de desarrollo para la conservación del medio ambiente.
Alemania	Se encuentra una serie de viviendas que se diseñaron de tal forma que sus techos cubrieran una gran cantidad de área para de esta forma captar las aguas lluvias y utilizarlas en los inodoros y sistemas de riego. Además sirven para contrarrestar los efectos causados por el verano ya que el agua recogida durante los periodos de precipitación sirve para reducir el consumo del agua potable.
Kenia Uganda Sri Lanka	En esta parte del mundo se ha incentivado la necesidad de crear sistemas de aprovechamiento de las aguas lluvias por medio de incentivos económicos que aunque son relativamente bajos generan gran motivación entre los residentes y las instituciones para dar mayor eficiencia en la captación, la utilización de estos sistemas han servido para mitigar la escasez y así intentar dar una mejor calidad de vida en este sector del planeta.
Estados Unidos	Se estima que al menos medio millón de personas hacen uso de sistemas de reciclaje de aguas, y en algunos estados a las propiedades que instalan estos sistemas se les realizan descuentos en los impuestos.
Canadá	Se encuentra una edificación que plantea la utilización de aguas lluvias y luego su reutilización para utilización en el diario de cada uno de los habitantes de esta casa.
Colombia	<ul style="list-style-type: none"> • Almacenes Alkosto en Villavicencio y Bogotá. • Edificio Verde de la cámara de comercio. • Estaciones de lavado de buses de Transmilenio. • En instituciones públicas, como colegios, universidades y oficinas del estado. • En algunos hogares se han generado sistemas artesanalmente. <p>Una de las causas por las que estos proyectos no se destaquen es porque en Colombia no se dan fuentes suficientes de información, o existe la necesidad de optimizar el consumo así mismo se presentan desperdicios que parece no afectarle a los sistemas de construcción.</p>

3.1.4. Aguas Lluvias

El agua lluvia proviene directamente de la atmósfera y la captación de estas depende de la zona donde está ubicado el proyecto, lo cual permita acceder a un volumen de agua lluvia para compararlo con la demanda de las actividades que se realizan.

3.1.5. Acueducto

Un acueducto es un conjunto de sistemas que sirven para transportar agua potable con un flujo continuo desde el sitio de captación hasta los lugares de uso en determinada ciudad o municipio. Bogotá cuenta con unos de los mejores sistemas de acueducto del mundo, con una cobertura del 99,92% según datos del año 2012 (EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ, 2012), y una calidad de agua que cumple con los parámetros de calidad de agua apta para consumo humano.

3.1.6. Aguas residuales

Las aguas residuales son aquellas que han perdido su calidad como resultado de diferentes actividades, en este caso, el lavado de vehículos. Estas aguas tienen unas cargas contaminantes y deben ser tratadas con el fin de no contaminar el medio donde van a ser evacuados.

Las aguas residuales constituyen un importante foco de contaminación de los sistemas acuáticos, siendo necesarios los sistemas de depuración antes de evacuarlas, como medida importante para la conservación de dichos sistemas.

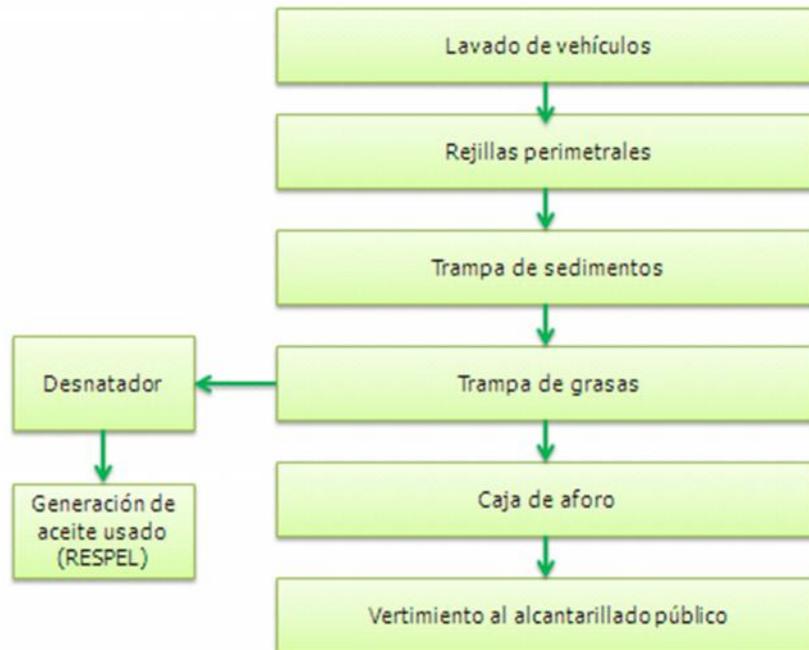
3.1.7. Recirculación de aguas

Las aguas utilizadas, sean éstas de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten y aconsejen según el análisis socio-económico y las normas de calidad ambiental. (CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA, 1997)

3.1.8. Descripción del Proceso

En la gráfica 2 se observa el proceso del lavado de vehículos de Limpieza Metropolitana S.A. E.S.P., la línea punteada muestra lo que se quiere diseñar en este proyecto.

Gráfica 2 Descripción del recorrido del agua para el lavado.



➤ Tanques de almacenamiento de agua potable o lluvia

En el área de lavado de Limpieza Metropolitana existen dos tanques subterráneos de almacenamiento de agua con una capacidad de 18m³ cada uno, estos tanques cuentan con un sistema de bombeo que permite realizar el lavado de los vehículos y el lavado de la playa vehicular. El primer tanque contiene el agua proveniente de las lluvias, y el segundo es abastecido con agua del acueducto. En caso de rebose de los dos tanques, el agua será conducida a los sistemas de tratamiento.

➤ Lavado del vehículo

El proceso del lavado empieza desde el enjuague; teniendo el vehículo parqueado se utiliza la presión del agua para limpiar y humedecer la parte exterior del vehículo, cubriendo cabina, parte trasera, laterales, parte visible del chasis y las llantas; se debe realizar una mezcla de shampoo y desengrasante de acuerdo a las proporciones establecidas por el proveedor y aplicarlo en todo el vehículo, luego refregar por todas las partes externas del vehículo hasta lograr el cubrimiento total, y por último se enjuaga teniendo en cuenta el cuidado de los sistemas eléctricos e hidráulicos del vehículo para su posterior parqueo en el sitio designado para tal fin.

➤ **Limpieza del área de lavado**

Por medio de cepillos y agua a presión se realiza la limpieza del área de lavado, evitando el arrojado de residuos ordinarios provenientes de los vehículos en los sistemas de tratamiento.

➤ **Sistemas de tratamiento**

El objetivo del sistema de tratamiento del agua generada en el lavado de vehículos de Limpieza Metropolitana S.A. E.S.P., es reducir las concentraciones de sólidos, grasas y aceites en el vertimiento final.

A continuación se presentan las diferentes estructuras que componen el sistema de tratamiento.

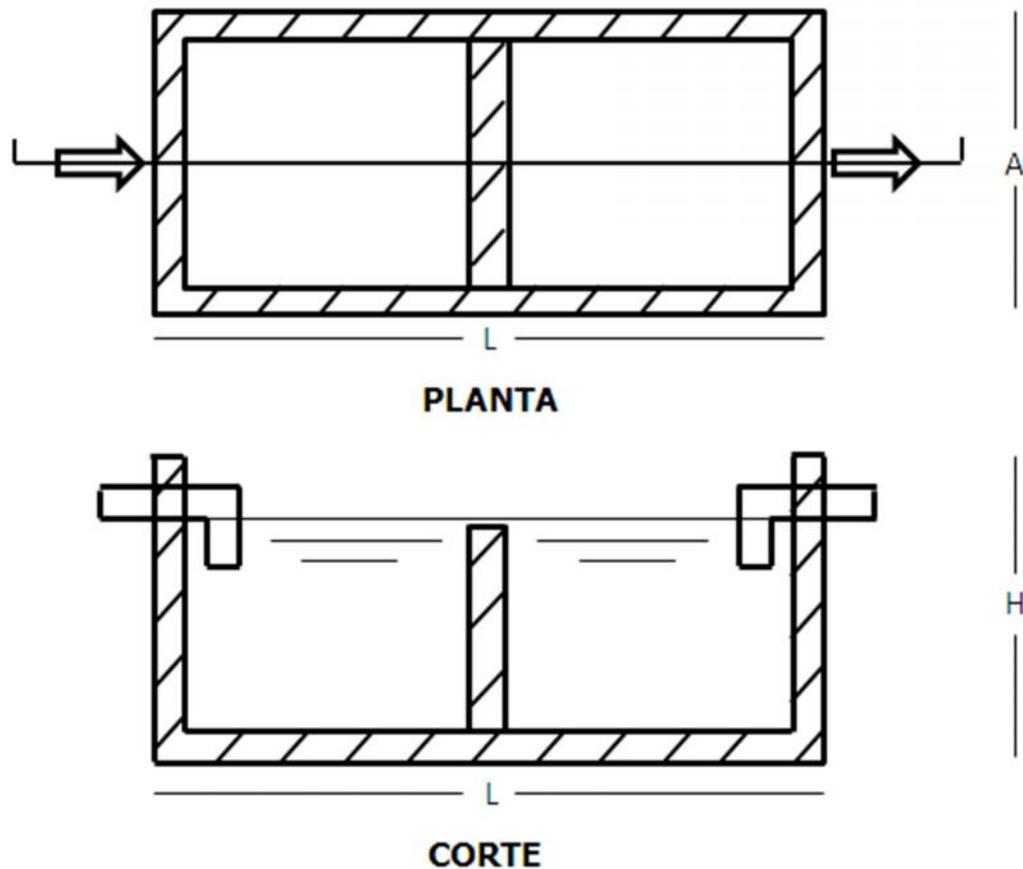
➤ **Rejillas perimetrales**

Estas rejillas cumplen la función de retener residuos sólidos de gran tamaño provenientes del lavado de los vehículos de recolección.

➤ **Trampa de sedimentos**

La trampa de sedimentos cumple la función de retener buena parte de los sólidos en suspensión y los sedimentables presentes en el agua del lavado de vehículos; dentro de su interior posee una pantalla de concreto para efectuar allí la retención.

Gráfica 3 Trampa de sedimentos

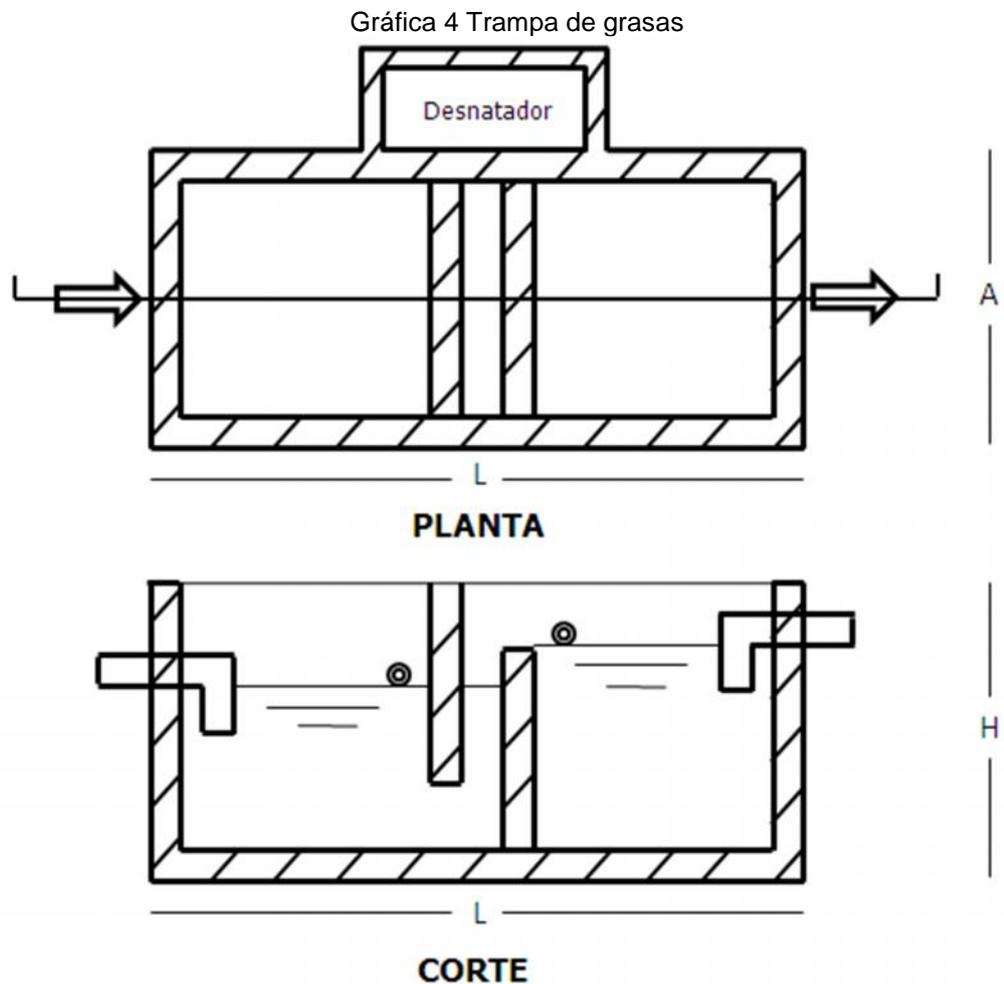


➤ **Trampa de grasas**

La trampa de grasas es una estructura rectangular de funcionamiento mecánico por flotación fundamentado en el método de separación gravitacional, el cual aprovecha la baja velocidad del agua y la diferencia de densidad entre el agua y los hidrocarburos para realizar la separación, adicionalmente realiza, en menor grado, retención de sólidos.

La trampa de grasas consta de tres sectores separados por pantallas en concreto, donde la primera retiene el flujo, obligándolo a pasar por la parte baja, y la segunda permite el paso del flujo como vertedero lo que hace que se regule el paso y se presenten velocidades constantes y horizontales. En el primer y segundo sector se realiza la mayor retención de sólidos, y en menor cantidad, la retención de grasas y aceites debido a la turbulencia que presenta el agua; en la tercera se realiza la mayor acumulación de los elementos flotantes como grasas y aceites los cuales pasan al desnatador conectado a dicha sección.

En la gráfica 4 se muestra un esquema de la trampa de grasas.



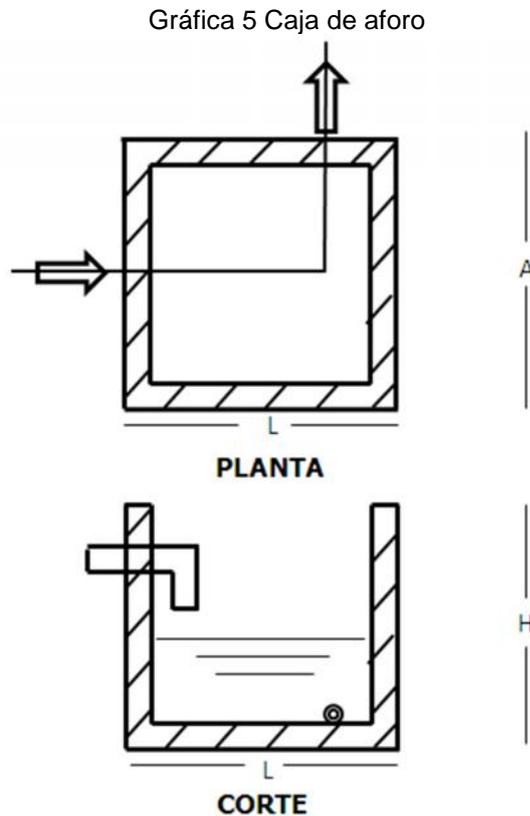
➤ **Desnatador**

En el desnatador se realiza la actividad de recolección de las grasas y aceites provenientes de la trampa, esta actividad se realiza teniendo en cuenta no generar derrames de aceite en el suelo. Este residuo peligroso es conducido a un tanque de almacenamiento para aceite usado, para su posterior recolección y disposición final mediante una empresa autorizada por la autoridad ambiental competente.

➤ **Caja de aforo**

Al final del sistema de tratamiento se construyó una caja de aforo antes del vertimiento al alcantarillado público, esta caja de aforo recibe un agua a un

caudal máximo de 1,5L/s. En la Grafica 6 se muestra el esquema de la caja de aforo.



➤ Vertimiento al alcantarillado público

El vertimiento se realiza desde la caja de aforo hacia un pozo de inspección externo de alcantarillado público, ubicada en la vía ferrocarriles de occidente.

3.1.9. Calidad de agua

La calidad del agua puede definirse como la composición físico-químico-biológica que la caracteriza teniendo en cuenta que el agua pura no existe en la naturaleza, se habla que un agua es de calidad, cuando sus características la hacen aceptable para un cierto uso. (UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, 2014)

La calidad de agua se mide mediante características físicas, químicas y biológicas y de acuerdo a sus propiedades se determina si es apta para la actividad a desempeñar.

Los parámetros que generalmente se miden en agua residual son:

➤ **Demanda biológica de oxígeno (DBO₅)**

Se define como DBO₅ de un líquido a la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aerobias o anaerobias facultativas), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra, se expresa en mg/L. Es un parámetro indispensable cuando se necesita determinar el estado o la calidad del agua de ríos, lagos, lagunas, efluentes o vertimientos. (MENDEZ, SAN PEDRO, CASTILLO, & VASQUEZ, 2010)

Entre mayor cantidad de materia orgánica contenga el vertimiento, más oxígeno necesitan sus microorganismos para degradarla. Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 °C; esto se indica como DBO₅. (MENDEZ, SAN PEDRO, CASTILLO, & VASQUEZ, 2010)

En la tabla 3 podemos observar los niveles de DBO₅ que se presentan en diferentes tipos de agua:

Tabla 3 DBO₅ presente en varios tipos de agua.

TIPO DE AGUA	DBO ₅ (mg/L)
Agua potable	0,75 - 1,5
Agua apta para consumo humano (Municipal)	5 a 50
Agua residual doméstica	600 – 1200
Agua residual industrial	500 – 1000
Agua en PTAR	8000

➤ **Demanda química de oxígeno (DQO)**

La demanda química de oxígeno DQO es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles a ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno por litro (mgO₂/L). Aunque este método pretende medir principalmente la concentración de materia orgánica, sufre interferencias por la presencia de sustancias inorgánicas susceptibles de ser oxidadas que también se reflejan en la medida. (MENDEZ, SAN PEDRO, CASTILLO, & VASQUEZ, 2010)

Es un parámetro aplicable para medir contaminación en aguas residuales que

puedan contener una cantidad apreciable de materia orgánica, en este proyecto se tienen en cuenta los procesos de descomposición que sufren los residuos sólidos en el vehículo para caer en cantidades menores en los sistemas de tratamiento luego del proceso de lavado.

➤ **Fenoles**

Fenoles o derivados fenólicos son todas aquellas sustancias derivadas del fenol (hidroxibenceno o bencenol). Son sustancias que generan efectos negativos en los seres vivos debido a su alta toxicidad en estado puro. (ATSDR, 2014)

➤ **Grasas**

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal, así como los hidrocarburos del petróleo. Algunas de sus características más representativas son baja densidad, poca solubilidad en agua y baja o nula biodegradabilidad. (ATSDR, 2014)

➤ **Hidrocarburos**

Los hidrocarburos en especial los aceites lubricantes usados son una mezcla compleja de productos diversos, comprenden mezclas desde cadenas de carbono hasta asfaltos y coque, con otras sustancias que naturalmente acompañan a los derivados de petróleo como fenoles, metales pesados, heterociclos, mercaptanos y otros. (ATSDR, 2014)

➤ **Potencial de Hidrógeno (pH)**

El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio $[H_3O]^+$ presentes en determinadas disoluciones. (ATSDR, 2014)

➤ **Plomo**

Como constituyentes importantes de muchas aguas podemos encontrar un número importante de metales pesados aunque su cuantificación sea a niveles de traza. Cualquier catión que tenga un peso atómico superior a 23 (que corresponde al peso atómico del sodio) se considera un metal pesado; así, las

aguas residuales contienen gran número de metales pesados diferentes. Entre ellos se puede destacar níquel, manganeso, plomo, cromo, cadmio, zinc, cobre, hierro y mercurio, entre otros. Todos ellos se encuentran catalogados como sustancias contaminantes que deben tenerse obligatoriamente en consideración para fijar valores límites de emisiones, aunque algunos de ellos son imprescindibles para el normal desarrollo de la vida biológica, y la ausencia de cantidades suficientes de ellos podría limitar, por ejemplo, el crecimiento de las algas. (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE, 2002)

➤ **Tensoactivos**

La presencia de tensoactivos en aguas residuales, se debe principalmente a la descarga de desechos acuosos domésticos o industriales que realicen operaciones de limpiezas. Las moléculas de tensoactivos tienden a congregarse en las interfaces entre en medio acuoso y las otras fases del sistema como el aire, líquidos aceitosos y partículas, impartiendo propiedades de espumamiento, emulsificación y suspensión de partículas. (ATSDR, 2014)

➤ **Sólidos sedimentables**

Son los materiales sólidos que se sedimentan en un periodo de tiempo en un fluido sin movimiento.

➤ **Sólidos suspendidos totales**

Los sólidos suspendidos totales son el residuo no filtrable de una muestra de agua natural o residual. Se define como la porción de sólidos retenidos por un filtro después de secarse a una temperatura de 105°C por un tiempo determinado.

➤ **Temperatura**

La temperatura del agua residual generalmente es mayor que del agua potable como consecuencia de la incorporación de energía en los usos industriales. Este parámetro es importante en el tratamiento de aguas residuales debido a que muchos procesos biológicos dependen de la temperatura. Así mismo, es determinante para el desarrollo de la actividad de microorganismos, cuyo rango óptimo generalmente se encuentra entre 25 y 35°C. (UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN, 2014)

3.1.10. Técnicas analíticas para muestreo de aguas residuales

Las caracterizaciones de aguas residuales se realizaron mediante las técnicas analíticas aprobadas por el IDEAM y el Método Estándar para Análisis de Aguas y Aguas Residuales de la AWWA, APHA y WEF según se muestra a continuación:

Tabla 4 Técnicas analíticas para muestreo de aguas residuales

PARÁMETRO	MÉTODO	CÓDIGO	L. DETECCIÓN
DBO5	Incubación 5 días	5210 B	3 mg/L
DQO	Reflujo cerrado	5220 C	50 mg/L
Fenoles	Destilación - Colorimetría	5530 D	0,08 mg/L
Grasas	Gravimétrico Ext. Soxhlet	5520 D	5 mg/L
Hidrocarburos	Gravimétrico Ext. Soxhlet	5520 D F	5 mg/L
pH	Potenciométrico	4500 B	NA
Plomo	Absorción atómica	3111 B	0,02 mg/L
SAAM	Extracción	5540 C	0,4 mg/L
SS	Cono Imhoff	2540 F	0,5 ml/L h
SST	Gravimétrico	2540 D	5 mg/L
Temperatura	Potenciométrico	2550 B	NA

3.1.11. Proyección

El objetivo de este proyecto es diseñar unidades de tratamiento para un sistema de recirculación de aguas residuales de acuerdo a las características del vertimiento. Posteriormente se depositará el agua en un tanque subterráneo de almacenamiento cuya capacidad es de sea de 18m³, para luego ser utilizada en el lavado de la playa de la base de operaciones de Limpieza Metropolitana S.A. E.S.P., esta playa tiene un área de 13.800 m² aproximadamente, y se lava semanalmente o cada tercer día de acuerdo a las condiciones climáticas.

3.2. MARCO LEGAL

Tabla 5 Marco normativo

MARCO NORMATIVO				
NORMATIVIDAD AMBIENTAL			OBLIGACIONES	
NORMA	EMISOR	ARTÍCULO		
Constitución Política de Colombia	República de Colombia	-	Consagra lo referente a los derechos colectivos y del ambiente, específicamente en su artículo 79 establece el derecho de todos los colombianos a gozar de un ambiente sano y el artículo 80 el cual le otorga al estado esta facultad	
Ley 79 de 1979	Congreso de la República de Colombia	-	Es un compendio de normas sanitarias relacionadas con la afectación de la salud humana y el medio ambiente. Esta ley desarrolla parcialmente algunos de los más importantes aspectos relacionados con el manejo residuos líquidos.	
Resolución 3957 de 2009	Secretaría Distrital de Ambiente	5	Registro de Vertimientos, Todo Usuario que genere vertimientos de aguas residuales, exceptuando los vertimientos de agua residual doméstica realizados al sistema de alcantarillado público está obligado a solicitar el registro de sus vertimientos ante la Secretaría Distrital de Ambiente - SDA.	
		11	Término de vigencia del permiso de vertimiento. La Secretaría Distrital de Ambiente - SDA otorgará el permiso de vertimiento hasta por cinco (5) años.	
		14	Vertimientos permitidos. Se permite el vertimiento al alcantarillado destinado al transporte de aguas residuales o de aguas combinadas que cumpla las siguientes condiciones: c) Aguas residuales de Usuarios sujetos al trámite del permiso de vertimientos, con permiso de vertimientos vigente. Los vertimientos descritos anteriormente deberán presentar características físicas y químicas iguales o inferiores a los valores de referencia establecidos en las tablas A y B, excepto en el caso del pH en cuyo caso los valores deberán encontrarse dentro del rango definido.	
			PARÁMETRO	NORMA (mg/l)
			Aluminio total (Al)*	10
			Arsénico total (As)	0,1
			Bario total (Ba)	5,0
			Boro total*	5,0
			Cadmio total (Cd)*	0,002
			Cianuro (Cn)	1,0
Cinc total (Zn)*	2,0			
Cobre total (Cu)	0,25			

	Compuestos fenólicos (Fenol)	0,2
	Cromo hexavalente (Cr +6)	0,5
	Cromo total (Cr total)	1,0
	Hidrocarburos totales	20,0
	Hierro total	10,0
	Litio total	10,0
	Manganeso total (Mn)*	1
	Mercurio total (Hg)	0,02
	Molibdeno	10,0
	Níquel (Ni)*	0,5
	Plata (Ag)	0,5
	Plomo (Pb)	0,1
	Selenio (Se)	0,1
	Sulfuros	5,0
	PARAMETRO (TABLA B)	NORMA (Unidades)
	Color	50 unidades en dilución 1/20
	DBO5*	800 mg/l
	DQO*	1500 mg/l
	Grasas y Aceites	100 mg/l
	pH (Unidades)	5 A 9 unidades
	Sólidos sedimentables (SS)	2 ml/l
	Sólidos suspendidos totales (SST)*	600 ml/l
	Temperatura (°C)	30
	Tensoactivos (SAAM)	10 mg/l
18	El Usuario tendrá un plazo de dos (2) años a partir de la fecha de expedición de la presente Resolución para identificar y reportar a la Secretaria Distrital de Ambiente - SDA las sustancias peligrosas que utiliza en su proceso y que pudieren ser incorporadas a su vertimiento.	
20	Caudales vertidos, El caudal máximo vertido no podrá exceder 1.5 veces el caudal promedio horario, para dar cumplimiento a lo anterior el Usuario deberá adecuar su régimen de vertido.	

		24	Sitio de la caracterización. La caracterización debe ser efectuada a cada uno de los vertimientos de aguas residuales que sean objeto del permiso de vertimientos. El lugar de la caracterización debe ser una caja de inspección externa, acondicionada para el aforo y recolección de muestras. En caso de que no sea viable la ubicación de la misma en la parte externa de predio el usuario deberá Justificar técnicamente otro emplazamiento.
Ley 373 de 1997	Ministerio de Desarrollo Económico	2	El programa de uso eficiente y ahorro de agua, será quinquenal y deberá estar basado en el diagnóstico de la oferta hídrica de las fuentes de abastecimiento y la demanda de agua, y contener las metas anuales de reducción de pérdidas, las campañas educativas a la comunidad, la utilización de aguas superficiales, lluvias y subterráneas, los incentivos y otros aspectos que definan las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales, las entidades prestadoras de los servicios de acueducto y alcantarillado, las que manejen proyectos de riego y drenaje, las hidroeléctricas y demás usuarios del recurso, que se consideren convenientes para el cumplimiento del programa.
		5	REUSO OBLIGATORIO DEL AGUA. Las aguas utilizadas, sean éstas de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten y aconsejen según el análisis socio-económico y las normas de calidad ambiental. El Ministerio del Medio Ambiente y el Ministerio de Desarrollo Económico reglamentarán en un plazo máximo de (6) seis meses, contados a partir de la vigencia de la presente ley, los casos y los tipos de proyectos en los que se deberá reutilizar el agua.
		12	CAMPAÑAS EDUCATIVAS A LOS USUARIOS. Las entidades usuarias deberán incluir en su presupuesto los costos de las campañas educativas y de concientización a la comunidad para el uso racionalizado y eficiente del recurso hídrico.
Decreto 321 de 1999	Ministerio del Interior	8	Los lineamientos, principios, facultades y organización establecidos en el PNC, deberán ser incorporados en los planes de contingencias de todas las personas naturales y jurídicas, públicas o privadas, que exploren, investiguen, exploten, produzcan, almacenen, transporten, comercialicen o efectúen cualquier manejo de hidrocarburos, derivados o sustancias nocivas, o que tengan bajo su responsabilidad el control y prevención de los derrames en aguas marinas, fluviales o lacustres.
Resolución 427 de 2009	Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial	TODO	Los detergentes no podrán contener un porcentaje mayor al 6.5% de fósforo (igual al 15% de pentóxido de fósforo) a partir de Septiembre de 2010

3.3. MARCO INSTITUCIONAL LIME S.A. E.S.P.

3.3.1. Presentación de la Empresa

En 1907 en la Provincia de Mendoza, Argentina, el Sr Enrique Pescarmona inició su actividad empresarial con la creación de Industrias Metalúrgicas Pescarmona IMPSA, y desde entonces el desarrollo del grupo lo ha llevado a invertir en diferentes sectores de la economía, tales como la metalmecánica, seguros, transporte aéreo y terrestre, la industria de autopartes, de telecomunicaciones y medio ambiente. (LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P., MANUAL INTEGRADO DE GESTIÓN, 2013)

En el sector medio ambiente inicia sus actividades como Lime S.A., empresa adscrita a la Unidad de Servicios Ambientales de IMPSA Andina, con la prestación del servicio público de aseo en la ciudad de Bogotá, cuando el Gobierno Distrital decretó la emergencia sanitaria en la capital de la República. Como resultado de esta medida se llevó a cabo por primera vez en el país la contratación del servicio público de aseo con empresas privadas. (LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P., MANUAL INTEGRADO DE GESTIÓN, 2013)

Mediante contrato No. 049 de octubre de 198, la Alcaldía de Santa Fe de Bogotá adjudicó a LIME - Limpieza Metropolitana -, la recolección de y transporte de residuos sólidos domiciliarios e industriales y el barrido de barrido de calles y avenidas en las localidades de Kennedy y Bosa, contrato que tuvo una duración de 5 años. (LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P., MANUAL INTEGRADO DE GESTIÓN, 2013)

En 1994, al finalizar el Contrato No. 049, la administración Distrital abrió un proceso licitatorio para la prestación del servicio de aseo en la ciudad de Bogotá, en el cual LIME – Limpieza Integral y Mantenimiento Especiales S.A. E.S.P. -, participó y nuevamente fue adjudicada en las localidades de Kennedy, Fontibón y Engativa, ampliando su marco de acción bajo el contrato No. 020 de 1994, cuya vigencia fue hasta el 14 de septiembre de 2003. (LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P., MANUAL INTEGRADO DE GESTIÓN, 2013)

En el año 2003 se abrió la tercera licitación para el servicio público de aseo en Bogotá, y nuevamente participa LIME S.A. E.S.P., siendo adjudicataria de seis localidades distribuidas en dos Áreas de Servicio Exclusivo (ASE) mediante el contrato No. 054 con una vigencia de siete años, a partir del 15 de septiembre de 2003. (LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P., MANUAL INTEGRADO DE GESTIÓN, 2013)

Durante el año 2010 el contrato fue prorrogado por un año más hasta el 15 de septiembre de 2012, y hasta el momento se han ejecutados varios contratos de operación de 6 meses cada uno. (LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P., MANUAL INTEGRADO DE GESTIÓN, 2013)

3.3.2. Localización

La localidad de Puente Aranda está ubicada en el centro de la ciudad y limita al norte con la localidad de Teusaquillo; al sur con la localidad de Tunjuelito; al oriente con las localidades de Los Mártires y Antonio Nariño y al occidente con las localidades de Fontibón y Kennedy. (SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN, Diagnóstico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos, 2009)

La base de operaciones de Limpieza Metropolitana S.A. E.S.P. se encuentra en la UPZ Puente Aranda, al noroccidente de la localidad. Esta UPZ tiene una extensión de 356 ha. que equivalen al 20,6% del total del suelo de esta localidad. Esta UPZ limita al norte con la avenida Ferrocarril de Occidente; al oriente con el vértice entre las avenidas Ferrocarril de Occidente y Cundinamarca; al sur con la avenida de las Américas y al occidente, con la avenida Congreso Eucarístico (carrera 68). (SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN, DECRETO 619 DE 200, DECRETO 190 DE 2004, DECRETO 176 DE 2007, 2014)

La base de operaciones de Limpieza Metropolitana S.A. E.S.P., se encuentra ubicada en la ciudad de Bogotá, en la Localidad de Puente Aranda, identificada con la nomenclatura Carrera 62 No. 19-04 Interior 4. Sus límites son: al norte con la vía del ferrocarril, al oriente con las instalaciones de la empresa Texaco, al occidente con la empresa Holcim (anteriormente Premezclados) y al sur con edificio de la Policía Nacional. (LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P., MANUAL INTEGRADO DE GESTIÓN, 2013)

3.3.3. Infraestructura

La Base de Operaciones de Limpieza Metropolitana S.A. E.S.P., tiene un área de 13.826 m². (LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P., MANUAL INTEGRADO DE GESTIÓN, 2013)

Dicha área está compuesta por:

- Un edificio administrativo, de tres pisos y baños.

- Un hangar de mantenimiento de vehículos y equipos.
- Zona de lavado de vehículos y equipos.
- Área de lubricación.
- Montallantas.
- Almacén.
- Estación de servicio (dos islas diesel).
- Portería principal.

Para evitar contaminación por vertimiento de aguas industriales, la base de operaciones cuenta con cárcamos perimetrales alrededor del área de parqueaderos y mantenimiento, tres sistemas de tratamiento de aguas residuales ubicados en los diferentes puntos de descarga y una caseta para el tratamiento de lodos. Uno de los sistemas de tratamiento consta de sedimentador, trampa de grasas, desnatador y caja de aforo, los otros dos constan de trampa de grasas y desnatadores. La caseta de lodos posee un piso con pendiente de 5% para dirigir el agua contenida en los lodos hacia el filtro (rejilla recubierta por geotextil) en donde se recolecta y se conduce hacia la trampa de grasas de la estación. La caseta está cubierta por una teja transparente que permite el paso de la luz y a su vez facilita el secado rápido de los lodos, los cuales son mezclados constantemente para que se produzca la biodegradación de las trazas de aceite que estos puedan contener. (LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P. & SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE, Plan de manejo ambiental para la base de operaciones, 2013)

La placa de contrapiso es de concreto reforzado de 4500 PSI de 20 cm de espesor, diseñada especialmente para tráfico pesado y cubierta con pintura epóxica para evitar contaminación del subsuelo. (LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P. & SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE, Plan de manejo ambiental para la base de operaciones, 2013)

3.3.4. Área de lavado

Está conformada por dos áreas para la ubicación de los vehículos, también cuenta con una caseta de máquinas donde se encuentran ubicados los equipos que se emplearán para adelantar la actividad de lavado. Para disminuir el consumo de agua se realiza el almacenamiento de aguas lluvias en un tanque subterráneo ubicado en esta área. (LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P. & SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE, Plan de manejo ambiental para la base de operaciones, 2013)

3.3.5. Instalaciones de agua potable

El sistema de abastecimiento de agua potable es la red de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá – EAAB. El agua potable es almacenada en un tanque del cual se suministra a todas las zonas de la base mediante dos bombas hidrostáticas que garantizan el suministro y presión constante a todas las salidas de agua. (LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P. & SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE, Plan de manejo ambiental para la base de operaciones, 2013)

3.3.6. Sistema de aguas lluvias

La cubierta del hangar de mantenimiento tiene una serie de canales y bajantes que conducen las aguas lluvias a un tanque subterráneo en el cual se almacenan para posteriormente ser aprovechadas en el lavado de la placa de parqueadero y los vehículos. (LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P. & SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE, Plan de manejo ambiental para la base de operaciones, 2013)

3.3.7. Sistema de aguas residuales industriales

El objetivo principal del sistema de tratamiento de aguas residuales industriales es reducir las concentraciones en el vertimiento final de sólidos, grasas, aceites, entre otros. Las aguas residuales industriales provienen del agua de escorrentía de la placa del área de parqueaderos y del área de la estación de servicio, así como el agua producto del lavado de los vehículos, estas aguas son vertidas al alcantarillado público que se encuentra en los alrededores de la base central luego de un tratamiento. (LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P. & SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE, Plan de manejo ambiental para la base de operaciones, 2013)

El sedimentador es en mampostería con doble hilada de tolete con aditivos que garantizan su impermeabilidad. La trampa de grasas es básicamente una estructura rectangular de funcionamiento mecánico para flotación. El sistema se fundamenta en el método de separación gravitacional, el cual aprovecha la baja velocidad del agua y la diferencia de densidades entre el agua y los hidrocarburos para realizar la separación, adicionalmente realiza, en menor grado, retenciones de sólidos. Consta de tres sectores separados por pantallas en concreto. En las trampas de grasas de baffles la primera pantalla retiene el flujo, obligándolo a pasar por la parte baja y la segunda permite el paso del flujo como vertedero lo que hace que se regule el paso y se presenten velocidades

constantes y horizontales. En el primer y segundo sector se realiza la mayor retención de sólidos y en menor cantidad, la retención de grasas y aceites debido a la turbulencia que presenta el agua; en la tercera se realiza la mayor acumulación de los elementos flotantes como grasas y aceites los cuales pasan al desnatador conectado a dicha sección. La caja de aforo está construida al final del sistema de tratamiento ubicado en el costado oriental del área de lavado. (LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P. & SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE, Plan de manejo ambiental para la base de operaciones, 2013)

4. METODOLOGÍA

La metodología está basada en la aplicación de los conocimientos adquiridos durante el proceso formativo, junto con un proceso de análisis e investigación. De esta manera se planteará la opción más eficiente para el desarrollo del proyecto, de acuerdo a la justificación y en aras de dar cumplimiento a los objetivos planteados.

El proyecto se divide en cuatro fases secuenciales que se describen a continuación:

Fase I En esta fase se recopila la información preliminar que permita tener un punto de partida para el análisis. Se obtiene información de la localidad donde se encuentra ubicado el proyecto, en seguida se recopila información acerca del área exacta del mismo, en este caso la base de operaciones de la empresa Limpieza Metropolitana S.A. E.S.P., se obtienen datos acerca de las instalaciones, las redes sanitarias, los servicios públicos utilizados, aspectos generales y manejos ambientales. Luego de tener la información preliminar, se recopila información secundaria que permita tener un análisis del proyecto, para esto se determinarán aspectos específicos de la actividad de lavado de vehículos.

Paralelo a la recopilación de la información, se consultan conceptos y teorías fundamentales que permitan desarrollar el sistema de recirculación de aguas para el lavado de vehículos de esta empresa prestadora del servicio público de aseo.

Fase II Posteriormente se realiza el análisis de monitoreos de las aguas residuales del área de lavado de vehículos en laboratorio de certificado por el IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales) de acuerdo al Standard Methods, y todos los parámetros de toma y preservación de muestras y se analizarán junto con los resultados de años anteriores. Una vez obtenidos estos resultados se determina cuáles son los parámetros deseados al finalizar el sistema de recirculación de aguas teniendo en cuenta que uso que tendrá.

Fase III De acuerdo a la caracterización de las aguas residuales y los parámetros proyectados al finalizar el proceso, se realizará el diseño del sistema de recirculación de aguas, teniendo en cuenta cuales son los parámetros críticos y complementando el tratamiento existente de acuerdo a los conceptos y teorías fundamentales consultadas anteriormente. Una vez

diseñado el sistema, se elabora un manual de operación y mantenimiento para el sistema de recirculación, el cual contenga los aspectos técnicos para la implementación y puesta en marcha del proyecto. Paralelo a esto, se evaluarán los indicadores proyectados para el ahorro en el consumo de agua.

Fase IV Se elabora un documento final y se socializa todo el sistema de recirculación de aguas del área de lavado de vehículos de Limpieza Metropolitana S.A. E.S.P., junto con el manual de operación y mantenimiento, planos del proyecto e indicadores proyectados.

5. DESARROLLO

5.1. ANÁLISIS DE MONITOREOS DE AGUAS RESIDUALES

A continuación se presentan cada uno de los parámetros de acuerdo a los monitoreos de aguas residuales realizados por un laboratorio certificado por el IDEAM en los años 2013 y 2014. En la tabla 6 se presenta el consolidado de las caracterizaciones. En cada uno de los parámetros se describe cuál es la influencia de cada parámetro en la calidad del agua de acuerdo al uso que tendrá en este proyecto.

La determinación de los parámetros deseados de la calidad del agua después de las unidades de tratamiento es importante para la ejecución de este proyecto debido a que de ahí es el punto de partida para diseñar los tipos de unidades de tratamiento y la eficiencia de cada uno de los que se diseñarán. En la legislación colombiana no existe una parametrización de calidad de agua para lavado de vehículos o alguna actividad similar, como sí lo existe para agua potable o de uso recreacional, por lo que la determinación de los parámetros deseados se realizaron teniendo en cuenta las características de cada parámetro y su influencia en el uso final que tendrá el agua después del tratamiento (lavado una playa vehicular).

5.1.1. Demanda biológica de oxígeno (DBO₅)

La legislación colombiana acerca de aguas residuales indica que el límite de DBO₅ permitido en vertimientos es de 800mg/L, en la Tabla 6 podemos observar que el promedio de DBO₅ de las muestras está en 131 mg/L, pero debemos tener en cuenta que en el monitoreo de diciembre de 2014, el parámetro es atípico debido a que es mayor con respecto a los demás (370 mg/L), por lo que si no es tomado en cuenta el promedio queda en 96,86 mg/L, lo cual es un valor ideal para la calidad del agua requerida. Este parámetro es atípico debido a que en este mes el relleno sanitario presentó problemas por condiciones técnicas y climáticas, por esta razón el descargue de los lixiviados no se realizó en las piscinas de lixiviados del relleno y debieron ser vaciadas en los sistemas de tratamiento del lavado de vehículos.

No se diseñará ninguna unidad de tratamiento para este parámetro, teniendo en cuenta que sus valores se encuentran dentro de parámetros normales para la actividad requerida.

5.1.2. Demanda química de oxígeno (DQO)

El promedio para la muestra de DQO en los monitoreos realizados en los años 2013 y 2014 fue de 375,5 mg/L, aunque al igual que en la DBO₅, tuvo un comportamiento atípico en diciembre de 2014 por lo descrito anteriormente en la explicación del parámetro DBO₅. Si descartamos ese muestreo, tenemos un promedio de 287,3 mg/L.

La Resolución 3957 de 2009 indica que el nivel máximo permisible para DQO en aguas residuales es de 1500 mg/L, las aguas no contaminadas suelen tener un valor entre 250 y 660 mg/L en el parámetro de DQO y el agua potable generalmente contiene hasta 5mg/L de DQO. (MENDEZ, SAN PEDRO, CASTILLO, & VASQUEZ, 2010)

Teniendo en cuenta lo anterior, se llega a la conclusión de que no es necesario realizar una unidad de tratamiento para el parámetro de DQO, puesto que el parámetro se encuentra dentro de valores de aguas no contaminadas.

5.1.3. Fenoles

En los vertimientos de agua del lavado de vehículos los fenoles generalmente cumplen lo establecido en la Resolución 3957 de 2009 (0,2 mg/L), a excepción de la muestra realizada en diciembre de 2014. El promedio de este parámetro en el vertimiento es de 0,13 mg/L. la OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) indica que el límite de fenoles en el aire debe ser inferior a 0,1 mg/L, de lo contrario se pueden ocasionar daños a la salud a largo plazo. (ATSDR, 2014)

Se debe diseñar una unidad de tratamiento que disminuya a de 0,13 a 0,1 mg/L o menos la concentración de fenoles en el vertimiento.

5.1.4. Grasas

En el vertimiento podemos observar un promedio de 30,5 mg/L de grasas, que si bien es un valor inferior al límite permisible por la Resolución 3957 acerca de vertimientos (100 mg/L), es un valor alto teniendo en cuenta al uso del agua que será en el lavado de una playa vehicular, donde se utilizan jabones y desengrasantes que perderían sus características y su poder de acción e inhibición con la presencia de aceites. Lo ideal es lograr estabilizar este parámetro de tal manera que llegue a 10 mg/L, una cantidad menor que no interferiría en el uso del agua.

5.1.5. Hidrocarburos

El comportamiento del parámetro de hidrocarburos es bastante variable en los monitoreos realizados, el promedio es de 25,6 mg/L, excediendo los límites establecidos en la Resolución 3957 de 2009, aunque se debe tener en cuenta que en dos monitoreos la muestra tuvo desviaciones considerables.

Se hace necesario realizar una evaluación al sistema de tratamiento de trampa de grasas para determinar si los procedimientos de mantenimiento y evacuación de aceites son los indicados o debe ser optimizado, con esta evaluación se pueden controlar los parámetros de hidrocarburos y grasas.

De no encontrarse una mejora en la trampa de grasas debe diseñarse una unidad de tratamiento adicional para los parámetros de hidrocarburos y grasas, de tal manera que el parámetro de hidrocarburos llegue a 5 mg/L después del tratamiento.

5.1.6. Potencial de Hidrógeno (pH)

El parámetro de pH en el agua residual de lavado de vehículos tiene un comportamiento regular donde su promedio es de 6,26. La Resolución 3957 indica que este parámetro para agua residual debe estar en un rango entre 5 y 9, y para agua potable entre 6,5 y 9, por lo anterior determinamos que es un agua que presenta características óptimas en el parámetro de pH, por lo que no debe diseñarse ningún tratamiento para este parámetro.

5.1.7. Plomo

La legislación colombiana indica que el límite permitido de plomo en aguas residuales es de 0,1 mg/L. Las caracterizaciones de vertimientos indican que el plomo siempre se ha encontrado por debajo de 0,02mg/L, por lo que no se requiere realizar ningún tratamiento para manejar este parámetro.

5.1.8. Tensoactivos

La presencia de tensoactivos tiene un comportamiento constante que oscila entre 3,5 y 6,5 mg/L, con un promedio de 4,5mg/L de acuerdo a los monitoreos de vertimientos realizados para los años 2012 y 2013. La presencia de tensoactivos en las aguas residuales del lavado de vehículos es baja en comparación a lo establecido en la Resolución 3957 acerca de vertimientos la cual indica que el nivel máximo es de 10mg/L, por lo que no es necesario realizar una unidad de tratamiento para este parámetro. Debemos tener en cuenta que la presencia de tensoactivos no altera las características del agua para la actividad final de este proyecto.

5.1.9. Sólidos sedimentables

La presencia de sólidos sedimentables en nuestro vertimiento es baja (<0,5 mg/L) en comparación a la normatividad vigente (2mg/L), por lo que no se requiere realizar unidad de tratamiento para este parámetro.

5.1.10. Sólidos suspendidos totales

El promedio para el parámetro de sólidos suspendidos totales (SST) es de 88,71mg/L. No es necesario mejorar este parámetro, debido a que este está considerablemente por debajo de la norma (600mg/L), además la presencia de estos sólidos suspendidos no interfieren en el uso que va a tener el recurso.

5.1.11. Temperatura

La temperatura de las aguas residuales de lavado de vehículos en promedio es de 19,5°C, inferior a lo indicado por la normatividad de vertimientos (<30°C) por lo que no es necesario realizar ninguna modificación de este parámetro debido a que no afecta el proceso.

Tabla 6 Caracterización de agua residual del área de lavado de vehículos para los años 2013 y 2014

PARÁMETRO	Resolución 3957 de 2009	Muestra 20/03/2013	Muestra 08/06/2013	Muestra 02/09/2013	Muestra 07/12/2013	Muestra 07/03/2014	Muestra 01/06/2014	Muestra 02/09/2014	Muestra 10/12/2014
DBO5 (mg/L)	800	100	81	109	123	77	110	78	370
DQO (mg/L)	1500	228	293	230	425	234	223	378	993
Fenoles (mg/L)	0,2	0,09	<0,07	0,17	0,02	0,09	0,03	0,18	0,32*
Grasas (mg/L)	100	15	22	56	45	19	34	37	16
Hidrocarburos (mg/L)	20	11	13	55,4*	32	45*	16	25	7,3
pH (unidades)	5 – 9	7,04 - 7,43	6,6 - 6,99	6,07 - 8,36	6	6,5	5,52	6,9	6,37
Plomo (mg/L)	0,1	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
SAAM (mg/L)	10	4,4	4,92	1,69	3,45	7,1	3,73	4,56	6,17
SS (mg/L)	2	<0,5	<0,1	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
SST (mg/L)	600	<5	72	79	28	97	81	78	186
Temperatura (°C)	<30	16,3 - 17,8	16,7 - 17,4	21,2 - 23,4	17,4 - 18,6	19	16,1 - 17,3	15 - 16,7	20

*Parámetro fuera de la norma.

5.2. DISEÑO DE UNIDADES DE TRATAMIENTO

De acuerdo al análisis realizado en el numeral 5.1., se determinó que se requiere mejorar las características de los siguientes parámetros con el fin de llegar a los valores establecidos a continuación:

Tabla 7 Parámetros a tratar

PARÁMETRO	Resolución 3957 de 2009	Valor Máximo	Valor Mínimo	Promedio	Parámetro Deseado
Fenoles (mg/L)	0,2	0,32	0,02	0,13	<0,1
Grasas (mg/L)	100	56	15	30,5	10
Hidrocarburos (mg/L)	20	55,4	7,3	25,59	5

5.3. TRATAMIENTO PARA GRASAS E HIDROCARBUROS

Teniendo en cuenta que el sistema de tratamiento de aguas residuales cuenta con una trampa para la retención de grasas e hidrocarburos, antes de diseñar otra unidad de tratamiento para este parámetro se realizaron pruebas para determinar si la trampa de grasas está siendo operada correctamente.

Actualmente la trampa de grasas tiene una frecuencia de mantenimiento de 1 vez por semana, generalmente el día lunes. Se realizaron inspecciones organolépticas durante 4 semanas a la calidad del agua durante la semana, donde se evidenció que realizando el mantenimiento el día lunes, para el día jueves ya se evidenciaba presencia de hidrocarburos.

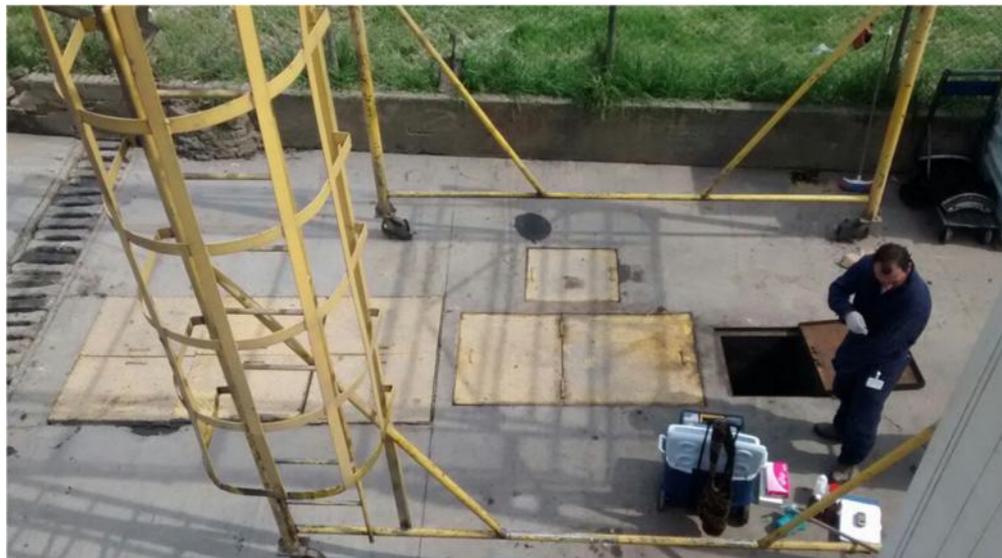
Estas inspecciones indicaban que la frecuencia debería ser más seguida a como se está realizando, teniendo en cuenta que a simple vista había una constante que indicaba que el mantenimiento era eficaz tan solo para 3 días, siguiendo este patrón, se contrató a Conoser Ltda., laboratorio certificado por el IDEAM, para realizar monitoreo de los parámetros de grasas e hidrocarburos durante dos semanas.

Los monitoreos se realizaron durante dos semanas los días martes, miércoles y jueves, donde se evidenció que la presencia de los parámetros de hidrocarburos y grasas y aceites va aumentando cada vez que pasa más tiempo del día del mantenimiento del sistema, tal como se puede observar en la tabla 8.

Tabla 8 Monitoreos de grasas e hidrocarburos

SEMANA 1					
PARÁMETRO	Resolución 3957/2009	Monitoreo 20/01/2015	Monitoreo 21/01/2015	Monitoreo 22/01/2015	Parámetro Deseado
Grasas (mg/L)	100	2	2	11	10
Hidrocarburos (mg/L)	20	<0,1	<0,1	2,23	5
SEMANA 2					
PARÁMETRO	Resolución 3957/2009	Monitoreo 27/01/2015	Monitoreo 28/01/2015	Monitoreo 29/01/2015	Parámetro Deseado
Grasas (mg/L)	100	<0,1	3	7	10
Hidrocarburos (mg/L)	20	<0,1	1,34	4,46	5

Gráfica 6 Monitoreo Grasas y aceites e Hidrocarburos



Verificando los resultados de los monitoreos, se llega a la conclusión que el sistema de tratamiento ya existente es eficiente para los parámetros deseados siempre que se realice mantenimiento en una periodicidad más corta, teniendo en cuenta que los valores presentados los días martes (20 y 27 de enero) y miércoles (21 y 28 de enero) presentan valores considerablemente menores a los parámetros de los días jueves 22 y 29 de enero y los parámetros deseados.

La determinación de la periodicidad de mantenimiento del sistema quedará consignada en el manual de operación y mantenimiento del sistema de recirculación. (Anexo 1)

5.4. UNIDAD DE TRATAMIENTO PARA FENOLES

Existen diferentes sistemas para el tratamiento de fenoles, entre ellos podemos encontrar la destilación, extracción y absorción, estos son procesos de separación que se basan en el equilibrio de fases vapor – líquidos y líquido – líquido. Generalmente estas unidades no alcanzan la separación total de las partículas, lo que representa una desventaja en el tratamiento de aguas residuales. Cuando la concentración de partículas en la fase líquida es muy baja, la velocidad de transferencia de masa hacia la otra fase, ya sea vapor o líquido, también es muy baja. Esto se refleja en los enormes tamaños de los equipos y sistemas que buscan realizar una separación eficiente, e incluso en algunas ocasiones se deben agregar otros componentes a la mezcla inicial con el fin de modificar el equilibrio de las fases y facilitar la separación de los fenoles. (GUTIERREZ HERNANDEZ, 2007)

La concentración de los fenoles es baja, por lo que la adsorción es la técnica más eficiente y además la más utilizada en casos similares.

5.4.1. Torre de aireación con carbón activado

Las torres de aireación son un sistema de bandejas con perforaciones en su parte inferior, puestas en forma descendente en espacios de 30 a 75 cm dependiendo del material a tratar. El ingreso del agua es por la parte superior y debe distribuirse por toda el área de la bandeja, debiendo caer a la primera bandeja y así sucesivamente. Los orificios practicados en cada bandeja serán circulares, su diámetro y dispersión se calculan dependiendo el caudal a tratar. (UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, 2013)

Estas torres permiten la aireación, que es el proceso mediante el cual el agua es puesta en contacto íntimo con el aire con el propósito de modificar concentraciones de sustancias volátiles contenidas en ella. Las funciones más importantes de la aireación son: (UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, 2013)

- Transferir oxígeno al agua para aumentar oxígeno disuelto.
- Disminuir concentración de CO_2
- Disminuir concentración de H_2S
- Oxidar hierro y manganeso.
- Remover compuestos orgánicos volátiles como fenoles.
- Remover sustancias volátiles productoras de olores y sabores.

Las bandejas tendrán carbón activado, realizando el proceso de adsorción,

este mecanismo consiste en el aprovechamiento de la afinidad que tienen algunos materiales sólidos por un componente en particular. Debido a esta afinidad existe una transferencia de material la cual se da desde una fase líquida, vapor o gas hacia un material sólido el cual tiene capacidad de retenerlo. Muchos sólidos son capaces de adsorber componentes de corrientes líquidas y sólidas, para el caso particular del fenol en medio acuoso se han estudiado una amplia gama de materiales adsorbentes, donde el más importante y estudiado es el carbón activado, que a su vez sirve para la disminución de SST en vertimientos. (UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, 2013)

5.4.2. Criterios y cálculos de diseño

Los criterios y cálculos de diseño fueron desarrollados de acuerdo con referentes teóricos nacionales como María Paulina Villegas, Jorge Arturo Pérez y Jorge Arboleda Valencia en concordancia con lo establecido en el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico (RAS 2000), considerando además lineamientos de instituciones internacionales como Infopal y la AWWA, entre otros.

- ✓ Velocidad del agua a la salida del tanque (V)

$$V = \sqrt{2g * h}$$

- ✓ Área a la salida de un tanque (A)

$$A = \pi r^2$$

- ✓ Caudal (Q)

$$Q = V * A$$

- ✓ Número de bandejas (NB)

$$NB = t \sqrt{g/2he}$$

- ✓ Área total de las bandejas (ATB)

$$ATB = Q/CH$$

- ✓ Área de cada bandeja (AB)

$$AB = ATB/NB$$

- ✓ Área de los orificios de las bandejas (A_{orificio})

$$A_{\text{orificio}} = \pi r^2$$

- ✓ Caudal al interior de las bandejas ($Q_{Bandejas}$)

$$Q_{Bandejas} = l * A_{Orificio} * \sqrt{2 * g * h_{lamina}}$$

- ✓ Número de perforaciones en las bandejas ($N_{perforaciones}$)

$$N_{perforaciones} = Q/Q_{Bandejas}$$

Dónde:

r: Radio de la tubería.

g: Gravedad.

he: Altura entre bandejas.

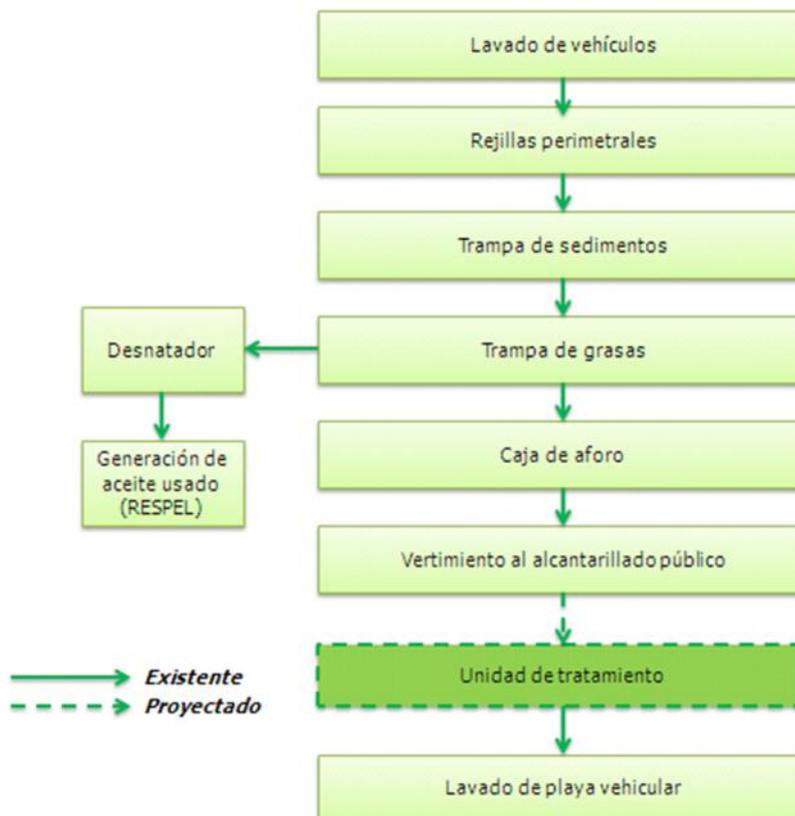
CH: Carga hidráulica.

h_{lamina} : Altura máxima de la lámina de agua en las bandejas.

In: Pulgadas

A continuación se presenta un esquema del proyecto:

Gráfica 7 Descripción del proyecto

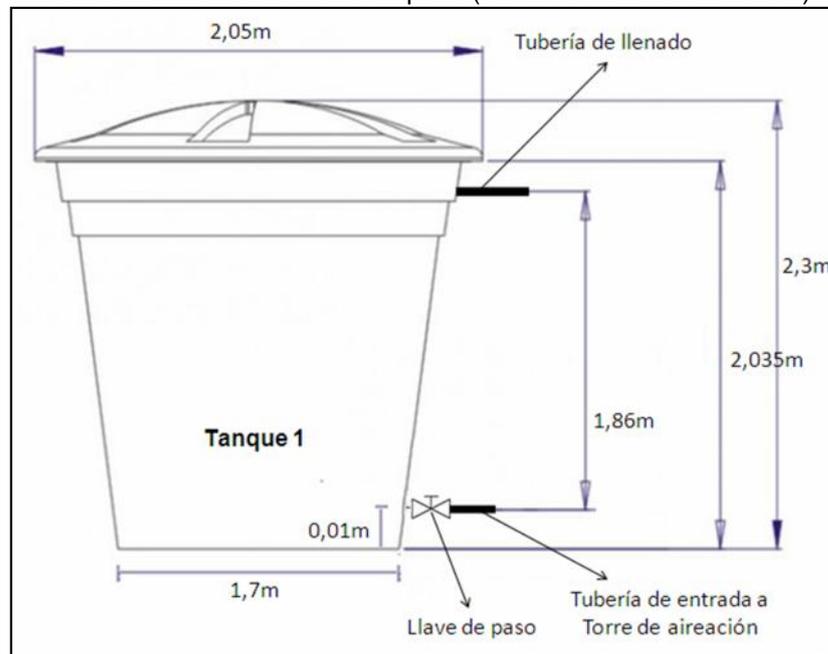


5.4.3. Cálculos

✓ Tanque 1

Antes de las torres de aireación, el agua será almacenada en un tanque elevado con capacidad de 2 m³ (Tanque 1), el cual tendrá una llave de paso de 1 pulgada que permitirá la circulación de agua a 10cm de la base. El paso de agua será habilitado por lapsos de tiempo, este tanque será diseñado de tal manera que en los 10cm que estén libres en el fondo se permita la sedimentación de algunos materiales, así mismo a 5cm de la superficie existirá una tubería de 1" escape de agua que elimine los excesos en caso de llenado del tanque.

Gráfica 8 Dimensiones de Tanque 1 (Antes de torre de aireación)



Velocidad de agua a la salida del Tanque 1

$$V = \sqrt{2g * h}$$

$$V = \sqrt{2(9,8 \text{ m/s}^2) * 1,86\text{m}}$$

$$V = \sqrt{36,49 \text{ m}^2/\text{s}^2}$$

$$V = 6,04 \text{ m/s}$$

Área a la salida del Tanque 1

$$1In = 0,0254 \text{ m}$$

$$A = \pi r^2$$

$$A = \pi * (0,0127\text{m})^2$$

$$A = 0,0005067\text{m}^2$$

Caudal de salida del Tanque 1

$$Q = V * A$$

$$Q = 6,04 \text{ m/s} * 0,000506 \text{ m}^2$$

$$Q = 0,00306 \text{ m}^3/\text{s}$$

✓ Torre de aireación

La torre de aireación será de 4 bandejas de acuerdo con los cálculos que veremos a continuación, cada bandeja tendrá una altura de 30 cm donde la altura del material de contacto será de 15 cm, la altura del agua será de 10 cm y un borde libre de 5 cm diseñado con el fin de evitar reboso en las bandejas. El espacio total entre cada bandeja será de 50 cm, espacio recomendado para el diseño de estas torres de acuerdo a lo establecido en la tabla 9. (VILLEGAS DE BRIGARD, 2007)

Tabla 9 Criterios de diseño para aireadores de bandeja.

CRITERIO	No. BANDEJAS	SEPARACIÓN BANDEJAS	LECHO CONTACTO		CH	
	n		m	Altura		Ø
				m		cm
Asce-Awwa-CSSE	3-9	0,30-0,75	-	-	550-1800	
Insfopal-Awwa	3-5	0,30-0,75	0,20-0,30	5-15	300-900	
Azevedo Netto	4	0,40-0,60	-	-	300-900	
RAS 2000	3-5	0,30-0,75	0,15-0,30	4-15	<100	

Cada bandeja tendrá un área de 1m^2 , serán cuadradas de 1m de longitud en cada lado, según el diseño deberá tener 137 perforaciones, aunque si se realizan 12 en 12 filas con una separación de 8 cm lograremos 144 orificios que es un valor cercano al arrojado en el diseño, cada orificio debe ser de 1/8" de diámetro. El diámetro de la tubería con que recibe agua la torre de aireación es de 1" y el diámetro de descarga es de 2".

El diseño total del proyecto se puede observar en el plano DISEÑO DE UNIDADES DE TRATAMIENTO PARA EL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUAS DEL ÁREA DE LAVADO DE VEHÍCULOS DE LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P., (Anexo 2).

Número de bandejas (NB)

$$NB = t \sqrt{g/2he}$$

$$NB = 1s \sqrt{\frac{9,82m/s^2}{2 * 0,3m}}$$

$$NB = 1s \sqrt{16,35 m^2/s^2}$$

$$NB = 4,04 \approx 4 \text{ Bandejas}$$

Área total de las bandejas

$$ATB = \frac{Q}{CH}$$

$$CH = \frac{60 m^3}{m^2 * día} * \frac{día}{86400 s} = \frac{6,944 * 10^{-4} m^3}{m^2 * s}$$

$$ATB = \frac{0,00306 m^3/s}{6,944 * 10^{-4} m^3/m^2 * s}$$

$$ATB = 4,4 m^2$$

Área de cada bandeja (AB)

$$AB = ATB/NB$$

$$AB = 4,4 m^2/4$$

$$AB = 1,1 m^2$$

Altura de las bandejas (hB)

$$hB = h_{\text{agua}} + h_{\text{carbón activado}} + h_{\text{borde libre}}$$

$$hB = 0,1m + 0,15m + 0,05m$$

$$hB = 0,3m$$

Área de los orificios en las bandejas (A_{Orificio})

$$A_{\text{Orificio}} = \pi r^2$$

Para orificios de diámetro de 1/8"

$$A_{\text{Orificio}} = \pi * (0,0015875m)^2$$

$$A_{\text{Orificio}} = 7,9173 * 10^{-6}m^2$$

Caudal sobre cada bandeja manteniendo lámina de agua de 10cm sobre las bandejas.

$$Q_{\text{Bandejas}} = l * A_{\text{Orificio}} * \sqrt{2 * g * h_{\text{lamina}}}$$

$$Q_{\text{Bandejas}} = 2m * 7,9173 * 10^{-6}m^2 * \sqrt{2 * 9,81m/s^2 * 0,1m}$$

$$Q_{\text{Bandejas}} = 2,21 * 10^{-5}m^3/s$$

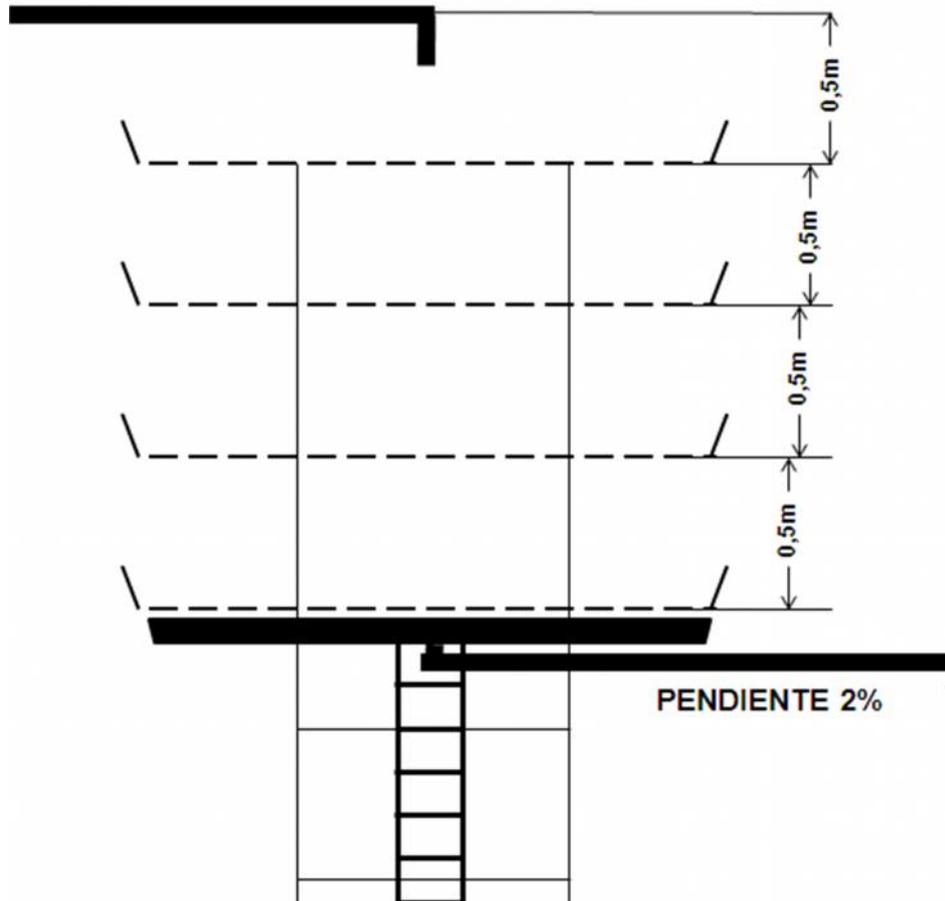
Número de perforaciones ($N_{\text{Perforaciones}}$)

$$N_{\text{Perforaciones}} = \frac{Q}{Q_{\text{Bandejas}}}$$

$$N_{\text{Perforaciones}} = \frac{0,00306m^3/s}{2,21 * 10^{-5}m^3/s}$$

$$N_{\text{Perforaciones}} = 137 \text{ Perforaciones} \approx 144 \text{ Perforaciones}$$

Gráfica 9 Torre de aireación



Al salir de las bandejas de aireación el agua será almacenada en un tanque de 5000 L (Tanque 2), posteriormente será almacenado en un tanque subterráneo con capacidad de 18000 L, este tanque cuenta con un sistema de bombeo para hacer la distribución de agua para el lavado de la playa de vehículos, objeto de este proyecto.

✓ Material de contacto

El carbón activado es el material más utilizado para el tratamiento de aguas residuales por adsorción, debido a su alta selectividad y capacidad de adsorción. El carbón activado tiene una textura similar a la de pequeños gránulos de arena negra. Su función como filtro es remover contaminantes del agua por medio de adsorción, donde las partículas a filtrar se adhieren a la superficie de los gránulos del carbón. Este material adsorbente es muy eficiente ya que su gran porosidad hace aumentar la superficie de contacto con el agua. (UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, 2013)

A medida que el agua fluye a través de la torre, las partículas contaminantes se adsorben a la superficie porosa de los gránulos. Cuando la superficie disponible del carbón activado se llena de químicos, se dice que el carbón está gastado. Este carbón gastado debe reemplazarse o limpiarse para permitir la eficiencia de la torre de aireación. La tecnología de adsorción utilizando carbón activado es altamente eficiente, alcanzando remociones del orden de 95-99%. (UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, 2013)

El carbón activado puede fijar las siguientes sustancias solubles por adsorción: (UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA, 2013)

- Adsorción de sustancias no polares como aceite mineral, BTEX, Poli-hidrocarburos aromáticos y Fenoles
- Adsorción de sustancias halogenadas: I, Br, Cl, H y F
- Olor
- Color
- Levaduras
- Varios productos de fermentación

Lo ideal para este proyecto es que los gránulos de carbón activado tengan un diámetro entre 3 a 5 cm asumiendo que serán esferas.

- ✓ Bomba de agua

Se debe sellar la salida de la caja de aforo hacia el alcantarillado público con el fin de poner una bomba hidráulica que transporte el agua hasta el tanque 1, esta bomba se cotizó con el proveedor Acferbo Ltda. para un caudal de 1,5 L/s que es el que llega a la caja de aforo y para subir el agua a una altura de 6 metros. El proveedor recomienda una bomba marca Pedrollo para aguas residuales con un diámetro de descarga de $1\frac{1}{2}$ " en hierro para una altura dinámica de 11 metros, un caudal de 3,66 L/s, con motor monofásico, una potencia de 0,85 HP y a un voltaje de 220V.

- ✓ Sobrellenado

En el tanque 1, se instalará una tubería de 1" con el fin de prevenir el sobrellenado del tanque. Esta tubería estará a 5 cm de la tapa del tanque 1 y en el momento en que este se llene, esta tubería estará conectada al sedimentador ubicado en el sistema de tratamiento ya existente.

6. PRESUPUESTO

El presupuesto fue realizado con cotizaciones de centros de distribución de materiales cercanos a la Organización, lo anterior con el fin de facilitar el transporte de los materiales.

La torre de aireación se ofertó por medio de Fibrotank Ltda., empresa especializada en la fabricación de estas estructuras. La torre de aireación se cotizó con las medidas anteriormente establecidas según los cálculos, fabricada en poliéster reforzado con fibra de vidrio y con una barrera anticorrosiva en resina ortoftálica. La bomba hidráulica fue cotizada de acuerdo a las especificaciones vistas en los cálculos.

La mano de obra es cotizada por el señor German Correa, técnico experto en trabajos de albañilería y obras civiles quien ha trabajado en proyectos similares en la Organización.

Las cotizaciones se pueden verificar en el Anexo 3.

Tabla 10 Presupuesto para el diseño de la torre de aireación.

PRESUPUESTO PARA EL DISEÑO DE LA TORRE DE AIREACIÓN Y SUS ACCESORIOS					
1.	MATERIALES	UM	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1.1.	Tubería en PVC de 1"	M	10	\$ 9.000,00	\$ 90.000,00
1.2.	Tubería en PVC de 2"	M	8	\$ 9.000,00	\$ 72.000,00
1.3.	Tubería en PVC de 1,5"	M	8	\$ 11.000,00	\$ 88.000,00
1.4.	Tanque en polietileno de 2000 L	und	1	\$ 478.900,00	\$ 478.900,00
1.5.	Tanque en polietileno de 5000 L	und	1	\$ 1.571.000,00	\$ 1.571.000,00
1.6.	Bomba hidráulica de 0,85 HP	und	1	\$ 946.560,00	\$ 946.560,00
1.7.	Carbón activado	Bto	1	\$ 72.000,00	\$ 72.000,00
1.8.	Llave de paso de 1"	und	1	\$ 11.000,00	\$ 11.000,00
1.9.	Llave de paso de 2"	und	1	\$ 14.000,00	\$ 14.000,00
1.10.	Torre de aireación en resina poliéster	und	1	\$ 3.712.000,00	\$ 3.712.000,00
SUBTOTAL MATERIALES					\$ 7.055.460,00
2.	MANO DE OBRA	UM	CANT	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
2.1.	Servicio de mano de obra para la instalación de todos los materiales	und	1	\$ 5.000.000,00	\$ 5.000.000,00
SUBTOTAL MANO DE OBRA					\$ 5.000.000,00
SUBTOTAL PROYECTO					\$ 12.055.460,00
3.	VARIOS IMPREVISTOS (5% DEL TOTAL)				\$ 602.773,00
TOTAL PROYECTO					\$ 12.658.233,00

7. INDICADORES DE AHORRO DE AGUA PROYECTADOS

En la tabla 11 podemos observar el consumo general de agua para la actividad de lavado de vehículos. Para realizar el aseo de cada vehículo se consume en promedio $0,5 \text{ m}^3$ de agua, este dato fue obtenido de los registros de la Empresa cuando contaba con un pozo de aguas subterráneas con una concesión exclusiva para el lavado de vehículos, en el historial se determinó ese valor teniendo en cuenta el consumo mensual de agua y la cantidad de vehículos lavados al mes. En promedio, se lavan 20 vehículos al día, lo que quiere decir que se lavan 600 vehículos al mes, consumiendo 10 m^3 de agua al día o 300 m^3 al mes.

Para el lavado general de la playa (uso que tendrá el agua una vez recirculada) se emplean en promedio 20 m^3 de agua, 2 m^3 más del volumen del tanque de almacenamiento subterráneo. El lavado de la playa se realiza dos veces a la semana, teniendo así que para el lavado de la playa se consume mensualmente un promedio de 160 m^3 .

Tabla 11 Consumo de agua

ACTIVIDAD	UND
Agua consumida en el lavado de cada vehículo	$0,5 \text{ m}^3$
Cantidad de vehículos al día	20
Cantidad de vehículos al mes	600
Agua consumida al mes para lavado de vehículos	300 m^3
Agua consumida al mes para lavado de playa	160 m^3

De acuerdo a los cálculos de diseño de acueducto y alcantarillado, un 85% del agua que se consume en actividades industriales es evacuada hacia el alcantarillado. (USAID COLOMBIA, 2005)

Teniendo en cuenta esta relación, de los 10 m^3 de agua que se consumen al día, $8,5 \text{ m}^3$ serían los tratados por las torres de aireación. Esta agua se almacenaría en el tanque de almacenamiento subterráneo de 18 m^3 y el tiempo en que se llenaría este sería de 2 días.

El valor del metro cúbico de agua potable que canceló Limpieza Metropolitana para el año 2015 es de \$3.781, la anterior información proviene de la factura de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, sin tener en cuenta los datos de alcantarillado público.

El anterior proyecto permitirá realizar un ahorro de 20 m^3 en cada lavado de la playa, o sea 40 m^3 en una semana, lo que representa 2080 m^3 de agua al año.

Lo anterior traducido en costos, representa un ahorro de \$7'864.480 al año, siempre que las condiciones se mantienen normales.

La Organización cada año presenta 3 monitoreos puntuales de los vertimientos generados en este punto, a la Interventoría de servicios públicos asignada por la UAESP, los cuales tienen un costo de \$925.000 cada uno; también presenta 1 monitoreo compuesto a la Secretaría Distrital de Ambiente con un valor de \$1'420.000. Una vez entre en funcionamiento el sistema de recirculación, no es necesario realizar estos monitoreos dado que en este punto no se generarían vertimientos, lo que representaría un ahorro de \$4'195.000 en el año.

De acuerdo a lo anterior, podemos decir que con este proyecto se ahorrarían \$12'059.480 en un año, este valor es estimado con datos del año 2015.

Teniendo en cuenta que la inversión total para el proyecto es de \$12'658.233 y los ahorros calculados son aproximadamente de \$1'005.000 mensuales, podemos decir que el retorno de inversión se daría en 12 meses y medio. Posterior a ese retorno de inversión el ahorro neto sería de \$1'005.000 mensual, lo cual sería un valor ideal teniendo en cuenta que los equipos tienen una vida útil de 5 años o más.

Posteriormente al desarrollo del proyecto, se puede gestionar ante la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, una reducción en costo de los vertimientos, debido a que serían inferiores con la recirculación del agua.

8. CONCLUSIONES

El desarrollo de este proyecto permitió determinar la viabilidad técnica y económica de un sistema de recirculación de aguas residuales industriales en la actividad de lavado de vehículos de la empresa Limpieza Metropolitana S.A. E.S.P.. El proyecto evidencia la disminución de los parámetros de grasas y aceites e hidrocarburos en el vertimiento siempre que se realice el mantenimiento a la trampa de grasas 2 veces a la semana, al disminuir estos parámetros se garantiza que el agua entre en óptimas condiciones a la siguiente fase del sistema. También se diseña una unidad de tratamiento para tratar el parámetro de fenoles y adicionalmente eliminar características organolépticas que presenta el agua residual, esta unidad de tratamiento consiste en una torre de aireación de 4 bandejas con carbón activado donde este material de contacto permitirá la retención de partículas por proceso de adsorción.

Se diseñó un manual de operación y mantenimiento del sistema de recirculación de aguas, donde se detallan las actividades a realizar para mejorar la eficiencia en cada una de las etapas del sistema, este documento fue elaborado de tal manera que sea fácil de entender para el personal que realice cada una de las actividades allí descritas.

Se evidenció por medio de indicadores que la ejecución de este proyecto generaría un ahorro mensual de \$1'005.000, lo que en un año representa \$12'059.480, en ese orden de ideas la recuperación de la inversión inicial del proyecto se realizaría en 12 meses y medio, lo cual es un tiempo razonable para un sistema que está proyectado a 5 años o más tiempo.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con el desarrollo de este proyecto en cuanto a la implementación de los diseños ya establecidos, posteriormente se pueden realizar pruebas piloto para revisar la eficiencia y de esta manera garantizar el mejor uso de los recursos. También se puede verificar otros usos que pueda tener el agua recirculada en función de las actividades de la organización.

Se recomienda realizar un análisis de datos en cuanto al agua que se ahorraría en los primeros 5 años una vez entrado en funcionamiento el sistema de recirculación de aguas, articulando estos indicadores con lo establecido en la Ley 373.

BIBLIOGRAFÍA

U.S. GEOLOGICAL SURVEY. (2007). Earth's water distribution.

ATSDR. (2014). *AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES*. Recuperado el 1 de Noviembre de 2014, de http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs115.html

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. (1997). Ley 373 . Bogotá.

EMPRESA DE ACUEDUCTO Y ALCANTARILLADO DE BOGOTÁ. (2012). *Informe de gestión*. Bogotá.

GUTIERREZ HERNANDEZ, J. (Agosto de 2007). DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA RECUPERACIÓN Y DEGRADACIÓN DE FENOL DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES. Manizales: UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA .

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. (2002). *METALES PESADOS EN AGUAS RESIDUALES*. Copenhagen, Denmark.

LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P. (2013). *MANUAL INTEGRADO DE GESTIÓN*. Bogotá.

LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P., & SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. (2013). *Plan de manejo ambiental para la base de operaciones*. Bogotá.

MENDEZ, R., SAN PEDRO, L., CASTILLO, E., & VASQUEZ, E. (2010). MODELACIÓN DEL TIEMPO DE CONSERVACIÓN DE MUESTRAS BIOLÓGICAS DE AGUA. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*.

SECRETARÍA DE HACIENDA. (2004). *Diagnóstico físico y socioeconómico de las localidades de Bogotá D.C*. Bogotá.

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE. (2014). *SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE*. Recuperado el 2014, de <http://oab.ambientebogota.gov.co/porlocalidad.shtml#>

SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. (2004). DECRETO 190, TÍTULO III, CAPÍTULO II. Bogotá.

SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. (2009). *Diagnóstico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos*. Bogotá.

SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. (2009). *Extensión, tipo de suelo, número de manzanas y número de barrios según localidades*. Bogotá.

SECRETARÍA DISTRITAL DE PLANEACIÓN. (2014). DECRETO 619 DE 200, DECRETO 190 DE 2004, DECRETO 176 DE 2007. Bogotá.

UAESP. (2014). *UAESP*. Recuperado el 2014, de http://www.uaesp.gov.co/uaesp_jo/index.php?option=com_content&view=article&id=48&Itemid=67>

UNESCO. (2009). *Informe sobre desarrollo de los recursos hídricos en el mundo - El agua en un mundo en cambio*. California.

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN. (2014). *DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES POR MEDIO DE HUMEDALES ARTIFICIALES*. Cochabamba: Antequera Durán.

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA. (2013). *DISEÑO DE PLANTAS POTABILIZADORAS*. Bogotá: Universidad Nacional Abierta Y A Distancia.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. (2014). *UNIVERSIDAD NACIONAL SEDE MANIZALES*. Recuperado el 2014, de www.manizales.unal.edu.co/

URIBE, M., & AMAYA, J. (2007). *Diseño de un sistema de recirculación de aguas lluvias para vivienda*. Bogotá.

USAID COLOMBIA. (2005). *COSTOS Y TARIFAS*. Bogotá: Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional.

VILLEGAS DE BRIGARD, M. (2007). *PURIFICACIÓN DE AGUAS*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

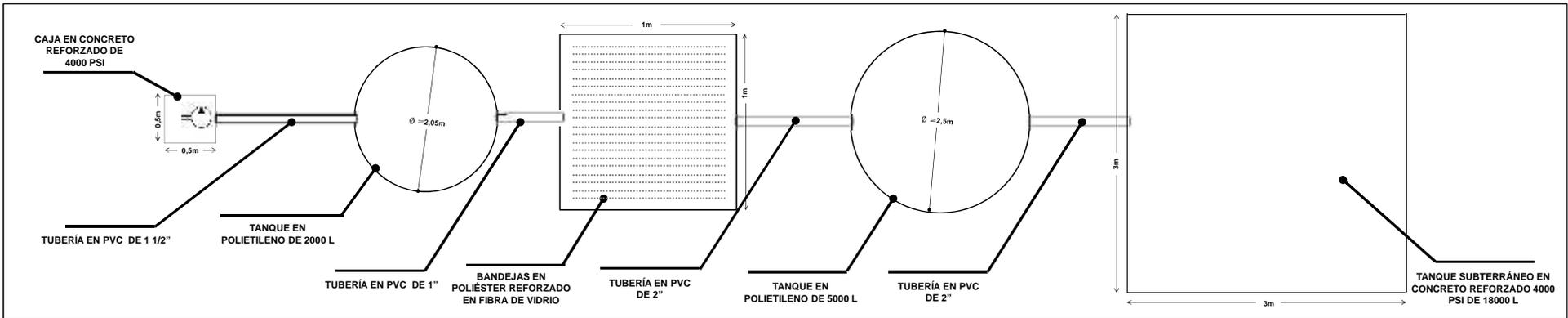
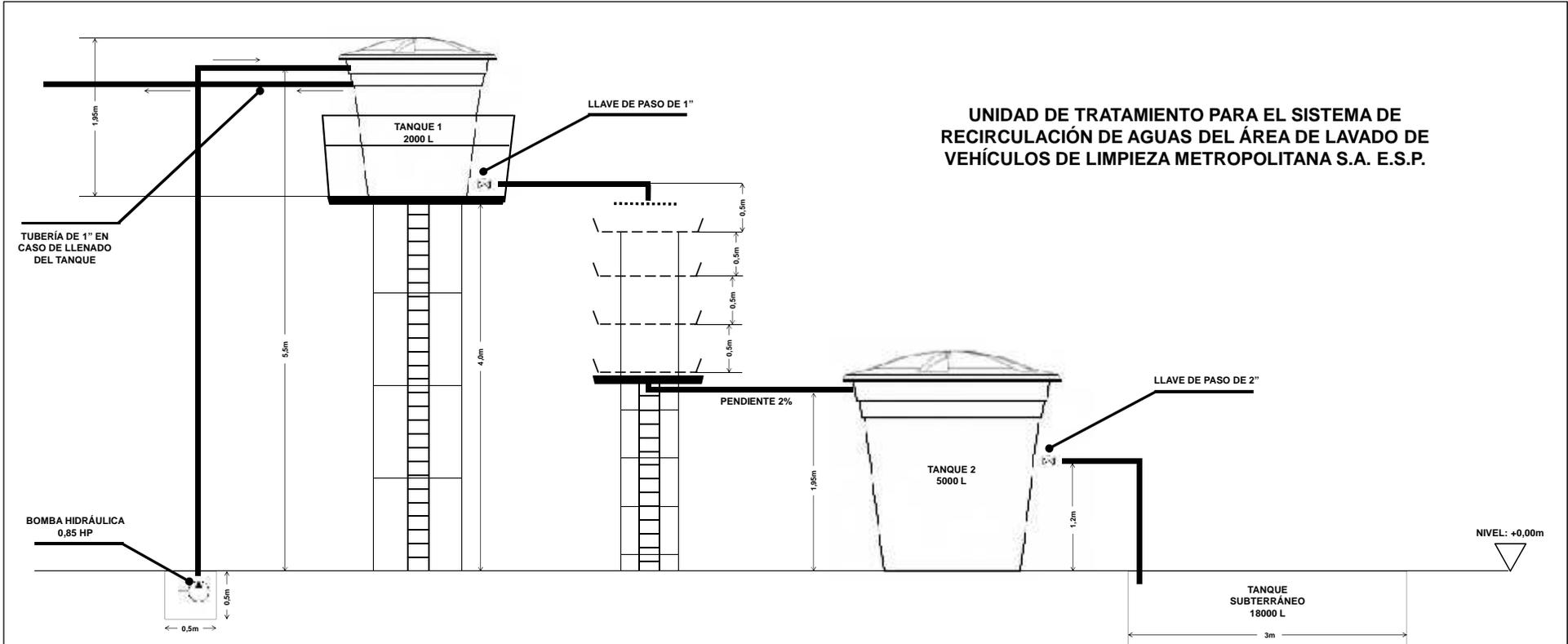
ANEXO 1

MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUAS

UNIDAD DE TRATAMIENTO	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS
<p align="center">REJILLAS PERIMETRALES</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para realizar el mantenimiento a esta unidad de tratamiento se debe garantizar que no se haya realizado lavado de vehículos en por lo menos 6 horas, con el fin de que los lodos generados tengan bajo contenido de agua. 2. Realizar una limpieza inicial a las rejillas con una escoba para retirar los residuos de gran tamaño. 2. Se deben levantar todas las piezas de la rejilla con la ayuda de una pala si es necesario. 3. Utilizando una pala se debe realizar la recolección de los lodos, los cuales deben ser puesto en lonas que permitan la filtración del agua. Se deben poner en cada lona 10Kg de lodos, lo que equivale a 4 o 5 paladas, lo anterior con el fin de facilitar su transporte a la caseta de secado de lodos. 4. Disponer las lonas en la caseta de lodos, estas deben durar por lo menos 12 horas con el fin filtrar el agua y disminuir su peso. 5. Refregar las paredes y el fondo del cárcamo con la ayuda de una escoba y aplicar un poco de detergente biodegradable. 6. Enjuagar. 7. Al finalizar la rejilla perimetral y a la entrada de la trampa de sedimentos se debe colocar una malla metálica con el fin de evitar que residuos de gran tamaño provenientes de los vehículos lleguen al sedimentador. 8. Colocar nuevamente todas las piezas de la rejilla. 	<p align="center">2 veces por semana</p>	<p>Los residuos de gran tamaño generados deben ser dispuesto como residuo ordinario.</p> <p>Una vez los lodos estén escurridos, se deben disponer en los contenedores de la empresa para su debida disposición en el relleno sanitario.</p> <p>Se realizarán monitoreos a estos lodos con el fin de garantizar que estos no son residuos peligrosos y pueden ser dispuestos en el relleno sanitario.</p>
<p align="center">TRAMPA DE SEDIMENTOS</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Para realizar el mantenimiento a la trampa de sedimentos se debe garantizar que no se haya realizado lavado de vehículos en por lo menos 6 horas, con el fin de garantizar que la trampa tenga el menor contenido de agua posible. 2. Se debe desocupar el contenido de agua de la trampa con la ayuda de una bomba sumergible, esta agua debe ser conducida a la red de alcantarillado. 3. Utilizando una pala se debe realizar la recolección de los lodos, los cuales deben ser puesto en lonas que permitan la filtración del agua. Se deben poner en cada lona 10Kg de lodos, lo que equivale a 4 o 5 paladas, lo anterior con el fin de facilitar su transporte y disposición. 4. Disponer las lonas en la caseta de lodos, estas deben durar por lo menos 12 horas con el fin filtrar el agua y disminuir su peso. 5. Refregar las paredes y el fondo de la trampa con la ayuda de una escoba y aplicar un poco de detergente biodegradable. 6. Enjuagar. 7. Recolectar nuevamente la cantidad de agua que queda en la trampa y conducirla a la red de alcantarillado. 	<p align="center">2 veces por semana</p>	<p>Una vez los lodos estén escurridos, se deben disponer en los contenedores de la Empresa para su debida disposición en el relleno sanitario.</p> <p>Se realizarán monitoreos a estos lodos con el fin de garantizar que estos no son residuos peligrosos y pueden ser dispuestos en el relleno sanitario.</p>
<p align="center">CASETA DE LODOS</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Los lodos deben ser dispuestos en la caseta de tal manera que se facilite la escorrentía del agua a través de las lonas. 2. La frecuencia de recolección de las lonas será semanalmente dependiendo de la disponibilidad de volquetas de la empresa o la generación. La disposición de estas lonas se realizará en el relleno sanitario. 3. Mensualmente se realizará el lavado general de la caseta de lodos, refregando las paredes con la ayuda de una escoba y aplicar un poco de detergente biodegradable, posteriormente enjuagar. 4. La caseta de lodos cuenta con una membrana geotextil para impedir la filtración de sólidos presentes en el agua, está membrana se debe cambiar cada 3 meses. 	<p align="center">Mensual</p>	<p>Se realizarán monitoreos a estos lodos con el fin de garantizar que estos no son residuos peligrosos y pueden ser dispuestos en el relleno sanitario.</p>

<p>TRAMPA DE GRASAS DESNATADOR</p>	<p>1. Se debe retirar la capa flotante de aceite con la ayuda de un balde de tal manera que se evite la mezcla del hidrocarburo con el agua. Para esta actividad es necesario utilizar guantes y protector respiratorio. 2. Una vez retirado el aceite, el agua debe conducirse hacia el cárcamo perimetral ubicado al lado del sistema de tratamiento. Este cárcamo condice a un sistema de tratamiento independiente. 3. Refregar las paredes y el fondo de la trampa con la ayuda de una escoba y aplicar un poco de detergente biodegradable. 4. Enjuagar. 5. Recolectar nuevamente la cantidad de agua que queda en la trampa y conducirla al cárcamo perimetral del lado del sistema de tratamiento.</p>	<p>2 veces por semana</p>	<p>El aceite usado generado en la trampa de grasas debe ser dispuesto mediante empresa con licencia ambiental para recolección y disposición final de residuos peligrosos.</p>
<p>TANQUE 1 y 2</p>	<p>1. Ambos tanque deben con la llave abierta siempre, lo anterior con el fin de evitar sobrelLENADOS. Únicamente se debe cerrar esta llave para realizar limpieza al tanque. 2. Semanalmente se debe realizar la limpieza del tanque una vez esté desocupado, cerrando la llave que conduce el agua a la torre de aireación o al tanque de almacenamiento subterráneo y refregando las paredes del tanque con jabón para así conducir esta agua hacia el alcantarillado, de esta manera se eliminarán los sólidos sedimentados en el tanque.</p>	<p>Semanal</p>	<p>No se generan residuos sólidos</p>
<p>TORRE DE AIREACIÓN</p>	<p>1. La torre de aireación funcionará automáticamente cuando se conduzca agua desde en tanque 1. 2. El carbón activado debe ser removido cada dos semanas, o antes si presenta olores atípicos, debido a que este material disminuye su capacidad de adsorción con cada regeneración debido principalmente a las modificaciones que sufre la superficie con el proceso de regeneración. 3. Cuando se realice la remoción del carbón activado se debe realizar limpieza de las bandejas, retirando todos los sólidos que puedan estar presentes en ellas.</p>	<p>Cada 2 semanas</p>	<p>Los residuos que se generan pueden ser dispuesto como residuo ordinario en el relleno sanitario.</p>
<p>TANQUES DE ALMACENAMIENTO SUBTERRÁNEO</p>	<p>1. Mensualmente se debe realizar la limpieza del tanque cuando este se encuentre desocupado refregando las paredes con agua y jabón del mismo, posteriormente conducir el agua residual a la red de alcantarillado.</p>	<p>Mensual</p>	<p>No se generan residuos sólidos</p>

ANEXO 2



DISEÑO DE UNIDADES DE TRATAMIENTO PARA EL SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DE AGUAS DEL ÁREA DE LAVADO DE VEHÍCULOS DE LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P.

DISEÑO: SANTIAGO MONTERO MATELLANA
DIBUJO: SANTIAGO MONTERO MATELLANA

PREDIO: LIMPIEZA METROPOLITANA S.A. E.S.P.
 CARRERA 62 No. 19 04 INT 4
 PUENTE ARANDA, BOGOTÁ D.C.

COORDENADAS: N=104853,93;
 E=96816,54; Z=2549,37
ESCALA: 1:16

FECHA: 30 DE OCTUBRE 2015

PLANCHA: 1 de 1

ANEXO 3

2. CONDICIONES COMERCIALES				
Ref.	Descripción	Cant.	Valor Unitario	Valor Total
2	Bomba sumergible 0,85 HP	1	\$ 816.000	\$ 816.000
Sub-Total				\$ 816.000
				IVA 16%
				\$ 130.560
TOTAL				\$ 946.560

3. CONDICIONES FINANCIERAS	
TIEMPO DE ENTREGA	3 Días después de recibida la orden de compra y recibido el Anticipo
FORMA DE PAGO	100% Para el despacho de los equipos de FIBROTANK LTDA
GARANTÍAS	1 año por defectos
VALIDEZ DE LA OFERTA	30 días

Cordialmente,



Ing. JUAN CARLOS LEGUIZAMON

Gerente

comercial@fibrotankltda.com

Cel. 317 646 70 96

Fecha: Septiembre 10 / 2015 Cotización No. COT 216616

Señores: **LIMPIEZA METROPOLITANA S.A E.S.P**

Atn.: Sr. Santiago Montero Matallana

Cargo: Gerente

Dirección:

Ciudad Bogotá

Teléfono: 57-1-417 2312

e-mail Santiago.Montero@lime.com.co

Fax

Celular

Proyecto: BOMBA MOTOR

1. ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO

1. Ficha técnica

Marca	Pedrollo
Bomba tipo	Sumergible aguas residuales
Diámetro de descarga	1 ½"
Construcción	Hierro
Altura dinámica total	11 metros
Caudal	220 Litros por minuto
Motor	Monofásico
Potencia	0,85 HP
Voltaje	220

Fecha: Septiembre 10 / 2015

Cotización No. COT 216615

Señores: LIMPIEZA METROPOLITANA S.A E.S.P

Atn.: Sr. Santiago Montero Matallana

Cargo: Gerente

Dirección:

Ciudad Bogotá

Teléfono: 57-1-417 2312

e-mail Santiago.Montero@lime.com.co

Fax

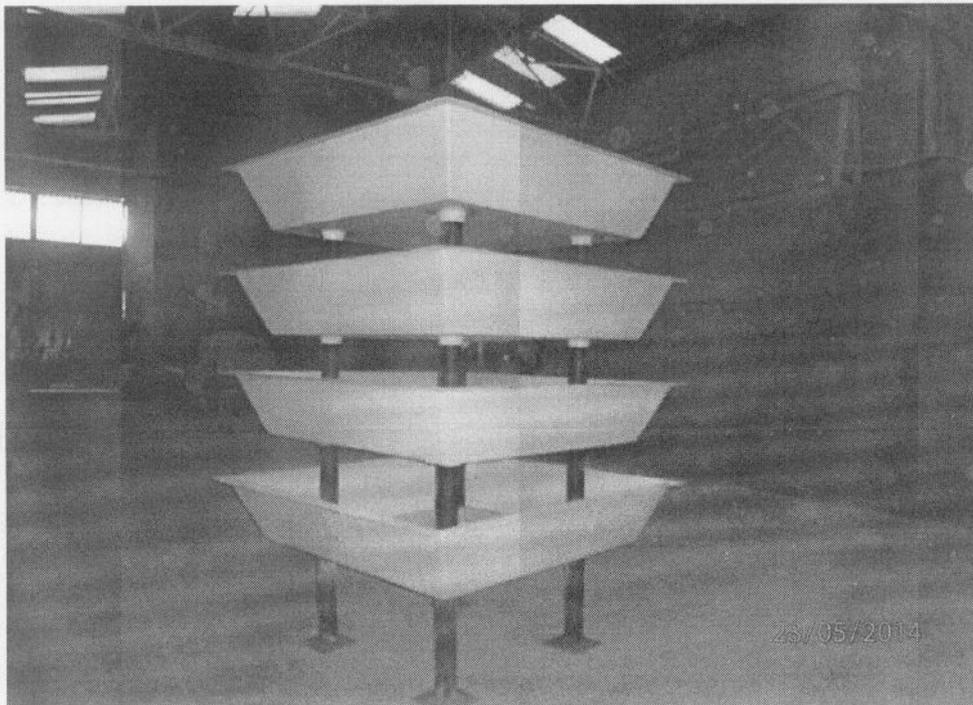
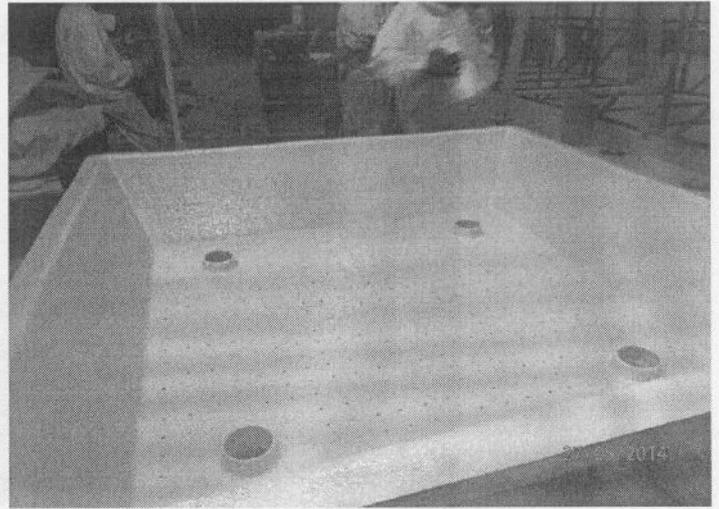
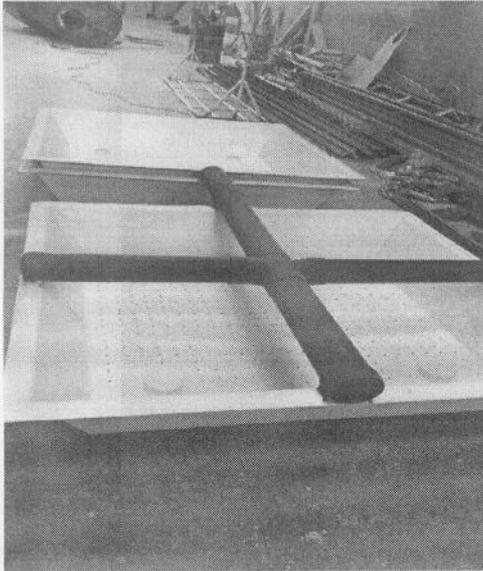
Celular

Proyecto: TORRE DE AIREACION

1. ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO

1. Ficha técnica

Material	Poliéster reforzado con fibra de vidrio (P R F V)
Forma	Rectangular
Espesor	5 mm Según normas Icontec 2890 ASTM C 582-09 - D 3299
Largo	2.00 metros
Ancho	2.00 metros
Altura de las bandejas	0.30 metros
Pestaña perimetral	7 cms
Cantidad de bandejas	Cuatro (4)
Acoples de patas	Uniones PVC de 2"
Soporte bandeja inferior	Tubo agua negra de 2" con platinas de anclaje de 1/4"
Flauta superior	En 3"
Perforaciones	Huecos de 1/4" cada 5 cms
Recolector de la última bandeja	Unión PVC de 4"
Temperatura de operación	Ambiente
Presión	Atmosférica
Tipo de resina de fabricación	Resina Ortoftalica
Tipo de fibra a utilizar	Matt 700 de 450gm2, Bonded Matt de 1050 gm2, Roving continuo



CODIGO: FT-PCM-06 VERSION: 01 VICENCIA: 31/07/2010	ORIGINAL FIRMADO ELABORO	ORIGINAL FIRMADO APROBO	Página: 2 de 3
--	---------------------------------	--------------------------------	----------------

2. CONDICIONES COMERCIALES				
Ref.	Descripción	Cant.	Valor Unitario	Valor Total
1	Torre de aireacion	1	\$ 3.200.000	\$ 3.200.000
Sub-Total				\$ 3.200.000
IVA 16%				\$ 512.000
TOTAL				\$ 3.712.000

3. CONDICIONES FINANCIERAS	
TIEMPO DE ENTREGA	30 Días después de recibida la orden de compra y recibido el anticipo
FORMA DE PAGO	50 % la firma del contrato
	50% Para el despacho de los equipos de FIBROTANK LTDA
GARANTÍAS	1 año por defectos o en el Proceso de fabricación o de la materia prima utilizada, comprobado por nuestros técnicos.
VALIDEZ DE LA OFERTA	30 días

Cordialmente,


Ing. JUAN CARLOS LEGUIZAMON

Gerente

comercial@fibrotankltda.com

Cel. 317 646 70 96

CODIGO: FT-PCR1-08 VERSION: 00 VIGENCIA: 01/07/2010	ORIGINAL FIRMADO ELABORO	ORIGINAL FIRMADO APROBO	Página: 3 de 3
---	---------------------------------	--------------------------------	----------------