

DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES
INDUSTRIALES PROVENIENTES DEL PROCESO PRODUCTIVO
DE AGROQUÍMICOS DE LA EMPRESA 3PL LOGISTICS SOLUTIONS EN BOGOTÁ

INGRID VANESSA PINZÓN SANCHEZ
DAHIANA GINETH CASTAÑEDA BUSTOS

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
GIRARDOT, CUND.

2018

DISEÑO HIDRÁULICO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA AGUAS RESIDUALES
INDUSTRIALES PROVENIENTES DEL PROCESO PRODUCTIVO
DE AGROQUÍMICOS DE LA EMPRESA 3PL LOGISTICS SOLUTIONS EN BOGOTÁ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar el título de Ingenieras Ambientales

INGRID VANESSA PINZÓN SANCHEZ
DAHIANA GINETH CASTAÑEDA BUSTOS

DIRECTORA:
DIANA CAROLINA VEGA ROMERO
Ingeniera Ambiental y sanitaria
Especialista Ambiental y Sanitaria

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
GIRARDOT, CUND.

2018

NOTA DE ACEPTACIÓN

DIANA CAROLINA VEGA ROMERO
DIRECTORA

NOMBRE:
JURADO 1

NOMBRE:
JURADO 2

DEDICATORIA

Dedico este trabajo en primera medida a Dios porque sin él nada es posible, a mi madre Alexandra Bustos, a mi padre Martín Castañeda que siempre me han apoyado para lograr las metas propuestas y me han dado su amor incondicional. A cada uno de los miembros de mi familia por su compañía y apoyo. A mi abuela Ana Elvia Castañeda que es el motor de nuestra familia. A todos y cada uno, mil gracias.

Dahiana Castañeda Bustos

Lo más importante es agradecerle a Dios por permitirme finalizar mi carrera profesional. Dedico este trabajo a mi familia, especialmente a mi madre Maria Nory Sánchez porque gracias a su apoyo constante e incondicional, sentimental y profesional fue que logré llegar a la etapa final de mis estudios, a mi abuelita Maria del Carmen Vásquez, porque tengo la seguridad que aunque partió al cielo, sé que desde allí me cuida y me acompaña.

De igual manera quiero agradecer a mi hermano, Andrés Pinzón y a mi novio Leandro Torres, porque sé que sin su ayuda, tampoco hubiese sido posible llegar hasta aquí, a todos, los amo con todo mi corazón.

Vanessa Pinzon S.

*“UNA META ES UN FARO. QUIEN TIENE UNA META CLARA JAMÁS SERÁ ALCANZADO
POR LA NOCHE DE LA INDECISIÓN”*

ANDREW CORENTT

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer principalmente a Dios por permitir que nunca desfallecíamos durante la realización de este proyecto. Agradecer también a los miembros de la empresa 3PL Logistics Solutions, especialmente a su Gerente Luis Fernando Gomez, a la Ingeniera Natalia Velásquez, Líder de Gestión Ambiental; al Jefe de Operaciones, el señor Jhonny Colón, a la señora Maria Nory Sanchez, Supervisora de Producción, quienes siempre se mostraron dispuestos a contribuir con la ayuda necesaria ante este proyecto y nos permitieron ingresar a sus instalaciones, para que esta investigación se realizara.

También agradecemos a los ingenieros y amigos, Diana Vega, Andrés Gonzalez y Daniel Robledo, por su aporte de conocimiento constante, por el acompañamiento realizado, por su disponibilidad y colaboración para que este trabajo concluyera con éxito.

Finalmente, al Instituto de Higiene Ambiental, por apoyarnos en el análisis de muestras de Aguas Residuales y su oportuna entrega.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
2. JUSTIFICACIÓN.....	6
3. OBJETIVOS	7
3.1. OBJETIVO GENERAL	7
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
4. MARCO TEÓRICO	7
5. MARCO CONCEPTUAL	14
6. ESTADO DEL ARTE	20
7. MARCO LEGAL	23
8. DISEÑO METODOLÓGICO.....	31
8.1 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS.....	31
8.2 UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA	34
8.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	40
8.4 MÉTODO DE ANÁLISIS E INFRAESTRUCTURA	41
8.5 METODOLOGÍA	42

8.5.1 Fase 1: Diagnóstico Ambiental de las aguas residuales generadas de los productos de más rotación y el vertimiento general de 3PL Logistics Solutions.	42
8.5.2 Fase 2: Evaluación de la eficiencia del diseño hidráulico realizado para el tratamiento de Aguas Residuales Industriales (ARI) en la compañía 3PL Logistics Solutions.....	44
8.5.3 Fase 3: Establecimiento de los compuestos que sobrepasan los límites permisibles contenidos en la resolución 631 de 2015.....	45
8.6 RECURSOS.....	45
9. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	45
9.1. DETERMINACIÓN DE CONTAMINANTES.....	45
9.2. COMPUESTOS QUE INCUMPLEN RESOLUCIÓN 631 DE 2015.....	50
9.3. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO HIDRÁULICO.....	52
10. BALANCE DE CARGAS.....	53
11. CRITERIOS DE DISEÑO.....	56
11.1 I Tamiz Estático.....	58
11.2 Trampa de Grasas.....	60
11.3 II Tamiz Estático.....	61
11.4 Tanque de igualación.....	62
11.5 Tratamiento Fisicoquímico.....	64
11.6 Filtro Multimedio.....	65
11.7 Laguna de Cultivo con Jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>).....	67

11.8 Filtración con Carbón Activado	68
12. EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES.....	70
13. UBICACIÓN PROPUESTA PARA ESTABLECER EL SISTEMA DE TRATAMIENTO 70	
14. CONCLUSIONES.....	1
15. RECOMENDACIONES.....	1
16. REFERENCIAS	2
17. ANEXOS	6

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Cargas contaminantes debido a la industria	11
Ilustración 2. Cargas contaminantes del sector domestico e industrial.....	12
Ilustración 3. Principales fuentes de aguas residuales	16
Ilustración 4. Resultado del análisis de aguas residuales mediante Jacinto de agua y otras especies.....	21
Ilustración 5. Ubicación de la compañía 3PL en la ciudad de Bogotá.....	32
Ilustración 6. Promedios de datos meteorológicos para el Aeropuerto Internacional el Dorado ..	33
Ilustración 7. Distribución N° 9 en la compañía	35
Ilustración 8. Distribución N° 10 en la compañía	36
Ilustración 9. Distribución N° 11 en la compañía	36
Ilustración 10. Distribución N° 12 en la compañía	37
Ilustración 11. Área de producción 1	38

Ilustración 12. Residuos de productos utilizados en área 1 de producción	38
Ilustración 13. Área de producción 3	39
Ilustración 14. Punto de recolección de aguas residuales de la compañía	39
Ilustración 15. Recipiente para recolección de aguas residuales de la compañía	40
Ilustración 16. Aguas residuales procedentes del lavado de empaques, envases, equipos e instalaciones.....	40
Ilustración 17. Diseño general en AutoCad de PTAR	58
Ilustración 18. Tamiz Estático	59
Ilustración 19. Trampa de grasas	61
Ilustración 20. Trampa de grasas	61
Ilustración 21. Diagrama de masas	63
Ilustración 22. Filtro Multimedia	66
Ilustración 23. Laguna cultivada con Jacinto de agua (Eichhornia crassipes)	68
Ilustración 24. Espacio disponible para posible ubicación de la PTARI	71
Ilustración 25. Ubicación propuesta la PTARI 3PL Logistics Solutions	1

Lista de Tablas

Tabla 1. Principales metales en aguas residuales industriales	8
Tabla 2. Eficiencia de remoción de los sistemas de tratamiento respecto a cantidades producidas	13
Tabla 3. Remoción de cargas contaminantes en el sector industrial y doméstico	13
Tabla 4. Clasificación toxicológica.....	24

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – ARnD a cuerpos de aguas superficiales	25
Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – ARnD al alcantarillado público	26
Tabla 7. Condiciones actuales de la cuenca del río Bogotá	28
Tabla 8. Distribución de las diferentes bodegas de la compañía	34
Tabla 9. Requerimientos para conservación y almacenamiento de muestras de agua.....	40
Tabla 10. Datos del caudal obtenido en trabajo de campo	46
Tabla 11. Resultados de la caracterización de aguas residuales en la línea 1 de producción	47
Tabla 12. Resultados de la caracterización de aguas residuales en la línea 3 de producción	48
Tabla 13. Resultados de la caracterización del vertimiento de aguas residuales de la compañía .	49
Tabla 14. Parámetros que incumplen resolución 631 de 2015	50
Tabla 15. Valor obtenido del caudal	52
Tabla 16. Parámetros de referencia para efectuar el balance de cargas	53
Tabla 17 Eficiencias teóricas por proceso unitario para el tratamiento de las ARI de 3PL	54
Tabla 18. Área para la construcción de la PTARI	58
Tabla 19. Porcentaje de remoción Tamiz Estático.....	59
Tabla 20. Especificaciones de diseño para el Tamiz Estático	59
Tabla 21 Porcentaje de remoción de trampa de grasas	60
Tabla 22. Especificaciones de diseño de la Trampa de Grasas	60
Tabla 23. Porcentaje de remoción Tamiz Estático II	61
Tabla 24. Especificaciones de diseño para el Tamiz Estático II.....	62

Tabla 25. Porcentaje de remoción del Tanque de Igualación.....	62
Tabla 26. Especificaciones de diseño del Tanque de Igualación.....	63
Tabla 27. Porcentaje de remoción Tratamiento Físicoquímico	64
Tabla 28. Especificaciones de diseño del tratamiento físicoquímico	65
Tabla 29. Porcentaje de remoción Filtro Multimedia	65
Tabla 30. Especificaciones de diseño del Filtro Multimedia	66
Tabla 31. Porcentaje de remoción Tratamiento Biológico.....	67
Tabla 32. Especificaciones de diseño para el tratamiento Biológico.....	68
Tabla 33. Porcentaje de remoción del Filtro de Carbón Activado.....	69
Tabla 34. Especificaciones de diseño del Filtro de Carbón Activado	69
Tabla 35. Eficiencia de remoción de contaminantes.....	70

Lista de Gráficas

Gráfica 1. Caracterización Teórica de Ingredientes Activos de los productos manipulados en 3PL	49
Gráfica 2. Remoción por carga contaminante al finalizar el proceso de tratamiento	57

Lista de Anexos

Anexo 1. Clasificación de productos utilizados en la compañía 3PL	6
Anexo 2. Informe de laboratorio de aguas residuales para los parámetros arsénico y mercurio proporcionado por el Instituto de Higiene Ambiental.....	1
Anexo 3. Informe de laboratorio proporcionado por grupo Nutresa	2
Anexo 4. Instructivo para la toma de muestras de aguas residuales	1

RESUMEN

En este estudio se llevó a cabo la caracterización de aguas residuales generadas de los productos de más rotación y el vertimiento general de 3PL Logistics Solutions, empresa dedicada a la semielaboración de insumos agropecuarios, como pesticidas y fertilizantes; donde mediante un análisis fisicoquímico realizado por el Instituto de Higiene Ambiental y por el laboratorio del grupo Nutresa, se encontró presencia de metales pesados por encima de los límites máximos permisibles establecidos en el artículo 13 de la resolución 631 de 2015

Posteriormente, se estableció un comparativo de los parámetros pH, DBO, DQO, SST, Grasas y Aceites, Cloruros, con base en los criterios establecidos en la resolución 631 de 2015, en donde es posible identificar que éstos se encuentran por encima de los límites máximos permisibles.

Finalmente, mediante la utilización de hojas de cálculo; programas de diseño como AutoCAD; y basados en lo estipulado en el RAS 2000, Título E y en las especificaciones de diseño contenidas en el libro *Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño* (Romero Rojas, 2010) se elabora un diseño hidráulico para el tratamiento aguas residuales industriales provenientes del proceso productivo de agroquímicos de la empresa 3PL Logistics Solutions, el cual consta de un pre-tratamiento conformado por dos tamices y una trampa-grasas, seguido de un tanque de igualación. Como tratamiento primario se diseñan procesos de coagulación, floculación, sedimentación, y un filtro multimedio compuesto de arena, antracita e ilmenita. Como tratamiento biológico o secundario se diseñó un humedal artificial de flujo libre compuesto por un cultivo de jacintos de agua (*Eichhornia crassipes*) y para el tratamiento terciario se diseña un filtro de arena sílica y carbón activado. Una vez diseñado el sistema de tratamiento se evalúa la eficiencia en la reducción de contaminantes, teniendo en cuenta los parámetros establecido en la normatividad legal vigente.

INTRODUCCIÓN

Los agroquímicos son sustancias que se producen sintéticamente, encaminados a disminuir, controlar o erradicar una plaga o cualquier organismo patógeno de una planta o cultivo (Agrovergel, 2016), abarcando cuatro grupos de compuestos con una acción específica (insecticidas, fungicidas, herbicidas y rodenticidas) (Amaya, Camacho , Meneses, & Roa , 2007).

Según el departamento de desarrollo sostenible de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), se establece que en lugares donde se practica el monocultivo intensivo, los plaguicidas constituyen el método habitual de lucha contra las plagas. Desafortunadamente, los beneficios aportados por la química han ido acompañados de una serie de perjuicios, algunos de ellos tan graves que ahora representan una amenaza para la supervivencia a largo plazo de importantes ecosistemas, como consecuencia de la perturbación en las relaciones ecológicas y la pérdida de biodiversidad.

Debido a los componentes químicos y principios activos de estos productos se tienen estudios de su impacto en la salud, no solo de los involucrados en la cadena de producción y manipulación, sino también del consumidor final. Además, los plaguicidas pueden tener importantes consecuencias en la salud humana, puesto que pueden ingresar al organismo por inhalación de vapores, vacíos o polvos, por absorción gastrointestinal y aún por penetración a través de la piel y de las mucosas expuestas (Mohammad H & Varela, 2008). Salcedo, Varona, Gonzales, & Rodríguez (2007), establecen que la contaminación del agua debido a los plaguicidas se produce en forma directa cuando éstos son aplicados para regar los cultivos, sin embargo también se produce por el lavado de envases y equipos que contengan estas sustancias y por descarga de remanentes de empresas que realizan algún tipo de manipulación de estos productos.

La presente investigación se llevó a cabo en la empresa 3PL Logistics Solutions, la cual es un operador logístico en el campo del almacenamiento, distribución, acondicionamiento primario y secundario de productos químicos, agroquímicos, pesticidas, farmacéuticos veterinarios y biológicos, cadena de frío y almacenamiento en cuarto frío; sus servicios están enfocados en clientes que conozcan los beneficios del "Outsourcing¹" en el mercado Veterinario, Pecuario, Agroquímico y Químico Industrial, con apertura a otros sectores de productos no perecederos de alto valor en Bogotá.

En esta investigación se elabora un diseño hidráulico para el tratamiento de aguas residuales industriales provenientes del proceso productivo de agroquímicos de la empresa 3PL Logistics Solutions, el cual consta de un pre-tratamiento conformado por dos tamices y una trampa-grasas, seguido de un tanque de igualación. Como tratamiento primario se diseñan procesos de coagulación, floculación, sedimentación, y un filtro multimedio compuesto de arena, antracita e ilmenita. Como tratamiento biológico o secundario se diseñó un humedal artificial de flujo libre compuesto por un cultivo de jacintos de agua (*Eichhornia crassipes*) y para el tratamiento terciario se diseña un filtro de arena sílica y carbón activado. Una vez diseñado el sistema de tratamiento se evalúa la eficiencia en la reducción de contaminantes, teniendo en cuenta los parámetros establecido en la normatividad legal vigente.

¹ También denominado tercerización o externalización de los servicios y se define como actividades de la misma compañía que se llevan a cabo por personas externas a la organización, especializadas en la ejecución de estas actividades (Gutiérrez Martínez, 2017).

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia está considerado como un país netamente agrícola, y durante años se ha desarrollado esta actividad bajo el uso masivo de agroquímicos, teniendo como consecuencia la afectación de ecosistemas, eutrofización, resistencia de poblaciones de plagas y no menos importante la contaminación hídrica (Reyes , Chaparro Giraldo, & Ávila, 2010).

En Colombia, la industria de plaguicidas inició en 1962 con el proceso de formulación y posteriormente la síntesis de algunos ingredientes activos. En 30 años, las formulaciones de plaguicidas registradas en el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) prácticamente se duplicaron, pasando de 770 productos en 1.974 (formulados con base en 186 ingredientes activos) a 1.370 en el 2003, formulados con base en 400 ingredientes activos. De éstos, 28 ingredientes activos (123 formulaciones comerciales) pertenecen a las categorías Ia y Ib según la Organización Mundial de la Salud (OMS) y se encuentran entre los agrotóxicos más usados en Colombia y America Latina (Nivia, 2004).

De un total de 270 ingredientes activos (ICA, 2012) que hacen parte de los plaguicidas (herbicidas, fungicidas, insecticidas y otros) el 41.11% corresponde a fungicidas, el 24 % a herbicidas, el 30% a insecticidas y el 5 % a otros plaguicidas.

En la actualidad existen mas de 1.000 plaguicidas preparados o mezclados en aproximadamente 40.000 productos (Auditoría General de la República, 2004). El consumo en Colombia es de 37.145.547 toneladas métricas de plaguicidas por año (ICA, 2009) ubicándose con 16,7 kg por hectárea en el segundo lugar de los consumidores de plaguicidas en America Latina, solo después de Costa Rica (51,2 kg por hectárea) (Andreu, 2011).

De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta que la compañía 3PL Logistics Solutions empresa dedicada al almacenamiento, distribución, acondicionamiento primario y secundario de insumos agropecuarios, no posee actualmente una caracterización de sus vertimientos, ni un tratamiento adecuado para estos y hasta el año 2016 contribuía a la magnificación de éstas sustancias tóxicas que por medio de la red de alcantarillado de la EAAB² llegaban hasta el río Fucha en la localidad de Fontibón.

Debido a que se estaban llevando estos vertimientos sin ningún tipo de control a la red de alcantarillado de la ciudad de Bogotá y por ende se estaba incumpliendo con la normatividad ambiental legal vigente, la empresa 3PL Logistics Solutions consideró garantizar el tratamiento de sus residuos líquidos tóxicos remanentes, mediante la disposición como residuo peligroso a través de una compañía externa llamada PROSARC.

Sin embargo ésta medida de tratamiento se establece ante cualquier contingencia de carácter normativo. No obstante, existen soluciones económicas y ambientalmente más apropiadas como los sistemas de tratamiento de aguas residuales, que se presenta posteriormente en este documento.

¿El diseño hidráulico realizado para el tratamiento de Aguas Residuales Industriales (ARI) tiene la eficiencia necesaria para la remoción de contaminantes tóxicos provenientes de la manufactura de agroquímicos en la compañía 3PL Logistics Solutions?

² Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá.

2. JUSTIFICACIÓN

A causa del mínimo control ejercido en materia ambiental en el país sobre vertimientos puntuales generados por la industria colombiana, actualmente se vierten al ambiente grandes cantidades de sustancias tóxicas que se generan a raíz de la producción de bienes y servicios en el territorio nacional. A una escala más puntual se identifica el caso del río Bogotá, el cual drena las aguas de una cuenca de 6.000 km² de 40 municipios, y recibe de éstos 25.185 ton/año de carga orgánica y 149.633 ton de Bogotá (IDEAM, 2014). Uno de los recursos más afectados por las actividades económicas alrededor del río Bogotá, es la fauna que ha desaparecido en la mayor parte del río (Salcedo, Varona, & Gonzales, 2007). Se generan también otros efectos indeseables debido a los contaminantes que transporta el río Bogotá como la extinción de peces y vida acuática, destrucción de bacterias, interrupción de la autopurificación, olores indeseables, crecimiento excesivo de hongos o plantas acuáticas, los cuales transtornan el equilibrio ecológico.

A partir de lo mencionado anteriormente, es importante diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales para la empresa 3PL Logistics Solutions que cumpla con lo establecido en la normatividad ambiental vigente y que proporcione una eficiencia de remoción adecuada para los contaminantes que allí se generan. Debido al impacto no solo ambiental, sino económico generado por la compañía, la productividad se ve afectada, ya que los empleados están obligados a designar más tiempo en la disposición de las aguas residuales en los recipientes (bidones) retardando así el inicio de sus labores y corriendo el riesgo de sufrir afectaciones a su salud puesto que en ocasiones no se utiliza los elementos de protección adecuados para esta actividad.

El diseño del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto para la compañía 3PL Logistics Solutions, generaría conocimiento científico, otorgaría oportunidad de empleo para el manejo del sistema, proporcionaría ganancias económicas, ya que no solo se tratarían las aguas

residuales de la compañía sino también las de empresas externas que tengan similar actividad económica.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el Diseño Hidráulico del Sistema de Tratamiento para Aguas Residuales Industriales provenientes del proceso productivo de agroquímicos de la empresa 3PL LOGISTICS SOLUTIONS en Bogotá.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el diagnóstico ambiental de las aguas residuales generadas de los productos de más rotación y el vertimiento general de 3PL Logistics Solutions.
- Establecer los compuestos que sobrepasan los límites permisibles contenidos en la resolución 631 de 2015.
- Evaluar la eficiencia del diseño hidráulico realizado para el tratamiento de Aguas Residuales Industriales (ARI) en la compañía 3PL Logistics Solutions.

4. MARCO TEÓRICO

La generación de aguas residuales es inevitable de la actividad humana, su tratamiento y disposición adecuada supone la cuantificación de las características químicas, físicas y biológicas de dichas aguas; de su significado y de sus efectos principales sobre la fuente receptora (Romero Rojas, 2010).

La contaminación de aguas con herbicidas es un problema de actualidad que no termina de resolverse. Se ha propuesto un diseño hidráulico para el tratamiento de las aguas residuales provenientes de esta industria, el cual consta de un pre-tratamiento conformado por dos tamices

y una trampa-grasas, seguido de un tanque de igualación. Como tratamiento primario se diseñan procesos de coagulación, floculación, sedimentación, y un filtro multimedio compuesto de arena, antracita e ilmenita. Como tratamiento biológico o secundario se diseñó un humedal artificial de flujo libre compuesto por un cultivo de jacintos de agua (*Eichhornia crassipes*) y para el tratamiento terciario se diseña un filtro de arena sílica y carbón activado.

Teniendo en cuenta la vocación comercial de la compañía se realiza cierto tipo de vertimientos puntuales a la red de alcantarillado de la ciudad de Bogotá procedente del lavado, limpieza y desinfección tanto de las áreas de producción como de la maquinaria y materiales empleados en el proceso llevado a cabo para la transformación del producto. De acuerdo a lo anterior, según Romero Rojas (2010) se puede inferir de acuerdo al tipo de industria los posibles contaminantes tóxicos inorgánicos en concentraciones apreciables que pueden presentarse según la tabla 1:

Tabla 1. Principales metales en aguas residuales industriales

Industria	As	Ba	B	Cd	Cr	Co	Cu	Fe	Pb	Mn	Hg	Ni	Se	Ag	Zn
Fertilizantes	X		x	x			X	x		X					
Fungicidas				x							x				
Herbicidas	X		x												
Pesticidas	X									X		X			

Para motivos de esta investigación y teniendo en cuenta que se hizo la caracterización del arsénico y el mercurio, dando como resultado <0,002 mg/L y 0,442 respectivamente, se va tener una mayor atención a estos dos metales pesados.

Arsénico: El arsénico en aguas existe como arsenito (AsO_2^{-2} y As^{+3}) o como arsenato (AsO_4^{-3} y As^{+5}). El tratamiento se hace mediante precipitación con cal o sulfuros, o por coprecipitación en la coagulación, con el hidróxido de aluminio o de hierro. El tratamiento más efectivo requiere

una etapa previa de oxidación del arsenito en arsenato, mediante cloro, seguida de la precipitación y la sedimentación.

Mercurio: Para remoción de mercurio se utiliza tratamiento por intercambio iónico o por coagulación. El intercambio iónico supone la formación de cloruro mercúrico, mediante la adición de hipoclorito para oxidar cualquier mercurio metálico existente, y la remoción del compuesto de cloruro mercúrico sobre una resina de intercambio aniónico. El proceso por coagulación, para remover mercurio, se ha empleado con éxito para mercurio orgánico e inorgánico. Sin embargo, es recomendable usar filtración como complemento del tratamiento para lograr buenos resultados. La desventaja de la coagulación radica en la gran cantidad de lodo contaminado de mercurio producido. Alternativamente, se ha usado adsorción con carbón activado para remoción de mercurio; sin embargo, el proceso no tiene la misma efectividad del intercambio iónico o la coagulación.

En un estudio realizado por el IDEAM (2014) y teniendo como referente conceptual los procesos fundamentales del ciclo del agua, su interacción con procesos del medio natural y de actividades antrópicas, se evaluaron las condiciones de calidad y de cargas contaminantes generadas por vertimientos puntuales o difusos provenientes de sectores usuarios del agua (actividades productivas), que no están siendo tratados, y que potencialmente alcanzan los cuerpos de agua lentos y lóticos³.

Las presiones por contaminación sobre los sistemas hídricos y cuerpos de agua del país, se analizan a partir de la estimación de cargas contaminantes puntuales vertidas por los sectores

³ Los ecosistemas de aguas continentales o aguas dulces se clasifican en sistemas léticos, los cuales son ecosistemas de aguas con escaso caudal como lagos, estanques pantanos y embalses y lóticos que son sistemas de agua corriente como los ríos, arroyos y manantiales (Cerezo, 2015).

industrial (a 4 dígitos CIU23⁴), doméstico, sacrificio de ganado y beneficio del café. Esta estimación se hace para cada una de las variables que integran el Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua IACAL (IDEAM , 2010): Demanda Biológica de Oxígeno DBO, Demanda Química de Oxígeno DQO, Sólidos Suspendidos Totales SST, Nitrógeno Total NT y Fósforo Total PT (ilustración 1). Para efectos de este estudio únicamente se analizará la presión sobre el recurso hídrico del sector industrial y se establece la siguiente relación para determinar las cantidades vertidas por la industria:

$$KIND = (PI * Fi) + (CMP * Fi) * (1 - XRT)$$

KIND = Carga de DBO₅ proveniente de la industria (actividades de interés) en ton/año

PI = Producción Industrial (Cantidad) para las actividades económicas de interés de la unidad de análisis

Fi = Factor de emisión para una unidad productiva específica en Kg DBO₅, DQO, SST, NT y PT/ton de producto

CMP = Consumo de materias primas para una Industria determinada

XRT = Fracción de remoción de vertimientos según tecnología prototipo de cada subsector

De acuerdo a lo planteado anteriormente se establecieron los siguientes resultados:

⁴ La CIU tiene por finalidad establecer una clasificación uniforme de las actividades económicas productivas y los cuatro dígitos identifican la clase, que es la categoría más detallada y clasifica características específicas de una actividad (DANE, 2012).

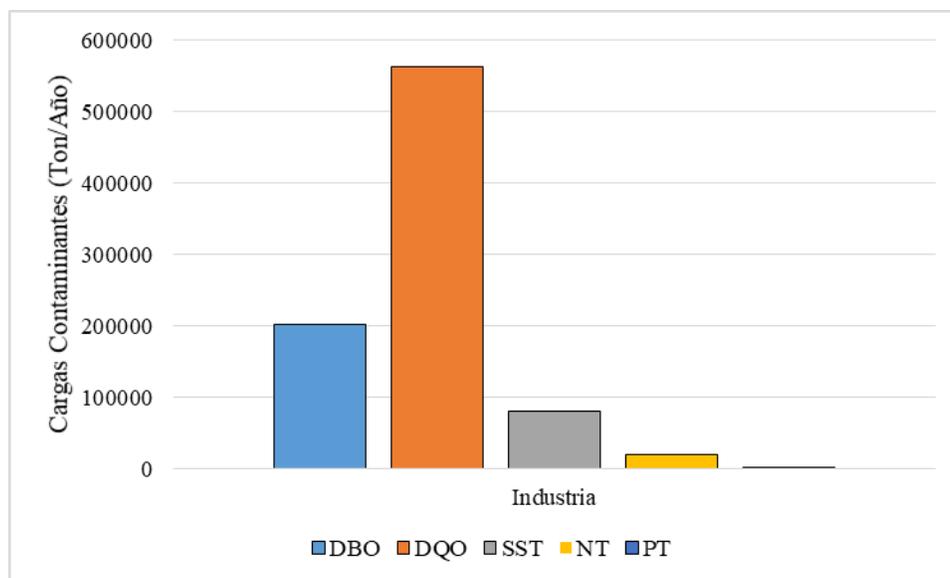


Ilustración 1. Cargas contaminantes debido a la industria

Del total de cargas vertidas a las fuentes hídricas, la industria aporta el 28%, el sector doméstico el 69% y el sector cafetero 3% (IDEAM, 2014). Es importante mencionar que los datos para la industria están limitados por la reserva estadística. Durante el año 2012 en Colombia se vertieron cerca de 2.102 ton/día de carga orgánica biodegradable a los sistemas hídricos después del tratamiento.

Adicional a esto, la carga vertida a los cuerpos hídricos de Demanda Química de Oxígeno equivale a 4.654 ton/día de los cuales la industria aporta cerca del 37% del total producido en el país respecto al sector doméstico y cafetero. Este mismo sector aporta 79.734 ton/ año de Sólidos Suspendidos Totales SST, 19.184 de Nitrógeno Total y 2.206 ton/ año de Fosforo Total PT.

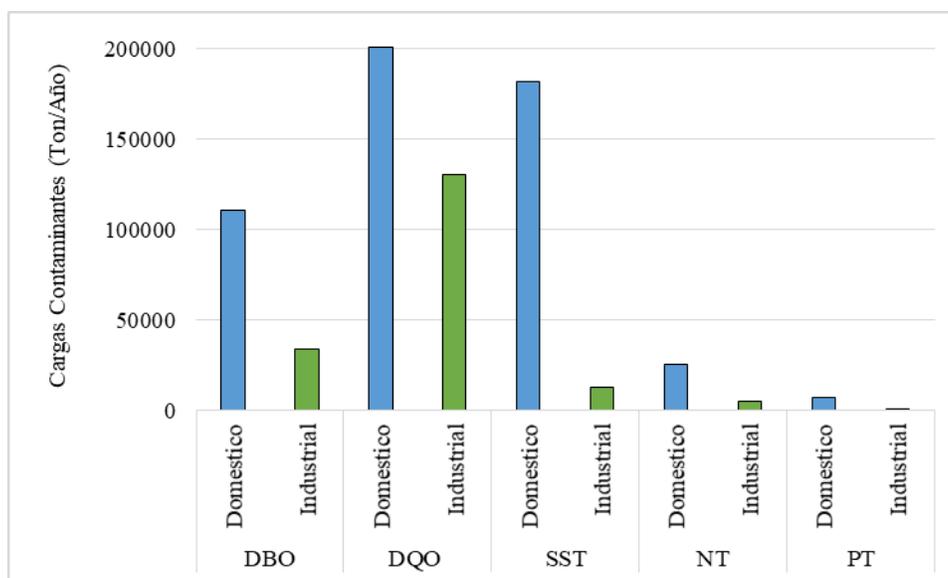


Ilustración 2. Cargas contaminantes del sector doméstico e industrial

Adicional a esto se tomaron parámetros individuales y se analizaron respectivamente para las principales ciudades de Colombia, tomando como base de análisis la ciudad de Bogotá. Se analizó tanto el sector doméstico como el industrial para cada una de las características descritas; se evidencia que por parte del sector doméstico la presión contaminante que se le ejerce a las fuentes superficiales es mucho mayor, limitando que las fuentes de agua superficial sirvan como abastecimiento hídrico de la población.

Los sectores agrícola, doméstico e industrial vierten 1.135.726 ton/año que equivalen a 3.154 ton/día de sólidos suspendidos totales, por su parte la industrial aporta el 7%, el sector doméstico el 91% y el subsector cafetero el 1%, después de tratamiento.

La carga vertida de Nitrógeno Total después de tratamiento alcanzó cerca de 350 ton/día. Por su parte, la industria aporta el 16 % y el sector doméstico el 84 %, siendo la ciudad de Bogotá la de mayor aporte tanto doméstico como industrial. De la carga total de contaminantes vertidos a las fuentes superficiales, mediante los procesos establecidos de tratamiento de aguas residuales se logra remover un 32 % de DBO y DQO, un 26 % de SST, un 2 % de NT y 1,7 % de PT como se

muestra en la tabla 2; la eficiencia de remoción de los sistemas de tratamiento son relativamente bajos respecto a las cantidades producidas, exponiendo a los ecosistemas lacustres a una potencial degradación.

Tabla 2. Eficiencia de remoción de los sistemas de tratamiento respecto a cantidades producidas

Parámetro	Carga generada doméstico e industria (Kg)	Carga vertida doméstico e industria (Kg)	Cantidad removida	Porcentaje de remoción
DBO	1.085.127.286	736.296.107	348.831.179	32,1
DQO	2.411.886.881	1.648.621.034	736.265.847	31,6
SST	1.517.406.973	1.119.062.421	398.343.552	26,3
NT	128.890.983	126.345.302	2.545.681	2,0
PT	32.465.812	31.915.345	550.467	1,7

Debido a la reglamentación ambiental vigente en cuanto a vertimientos para las industrias en Colombia, la remoción de la carga contaminante es del orden del 59, 54 y 49 % de la carga total producida para SST, DBO y DQO respectivamente; muy por debajo de la remoción para el sector doméstico con eficiencias del 21, 15 y 14 % para SST, DBO y DQO, como se presenta en la tabla 3.

Tabla 3. Remoción de cargas contaminantes en el sector industrial y doméstico

Contaminante	Remoción de Carga	
	Industria (%)	Doméstico (%)
DBO	54	15
DQO	49	14
SST	59	21
NT	3	2
PT	2	2

5. MARCO CONCEPTUAL

La contaminación por agroquímicos genera alteraciones en la dinámica natural de los ecosistemas y su impacto ambiental no solo es generado en las amplias tierras destinadas a la producción de cultivos, sino que grandes cantidades de estas sustancias químicas son vertidas anualmente en los sitios de producción.

Según el decreto 1575 de 2007 el agua cruda se define como el agua natural que no ha sido sometida a proceso de tratamiento para su potabilización; por su parte el agua tratada o agua para consumo humano es aquella que cumple las condiciones y/o características físicas, químicas y microbiológicas.

Las aguas residuales, a su vez llamadas aguas servidas, según el Decreto 3930 de 2010 ⁵ se definen como residuos líquidos provenientes del uso doméstico, comercial e industrial. Cabe resaltar que existe un mecanismo por el cual se evacúan dichas aguas el cual se conoce como el sistema de alcantarillado que consiste en una serie de redes de tuberías y obras complementarias necesarias para recibir, conducir y evacuar las aguas residuales y los escurrimientos superficiales producidos por las lluvias. (Siapa, 2014).

De acuerdo al decreto anteriormente mencionado, se destaca un concepto relevante para esta investigación como lo es el de vertimiento, el cual es definido como la descarga final a un cuerpo de agua, alcantarillado o al suelo, de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido. De igual manera se define vertimiento puntual como el que se realiza a partir de un medio de conducción, del cual se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua, al alcantarillado o al suelo. Así mismo, el vertimiento no puntual es aquel en el cual no se puede precisar el punto exacto de descarga al cuerpo de agua o al suelo, tal es el caso de vertimientos

⁵ Por el cual se reglamentan los usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.

provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares. Se define de esta manera también las cargas puntuales las cuales son las transportadas por el agua, desde fuentes que tienen un punto único de origen y de vertido a los sistemas hídricos continentales, agua superficial y agua subterránea (Naciones Unidas, 2012).

Según (Romero Rojas, 2010) en su libro *Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño*, nos presenta otros conceptos de gran importancia como son las aguas residuales domésticas (ARD) las cuales son líquidos provenientes de las viviendas o residencias, edificios comerciales e institucionales. Así mismo, se denominan aguas residuales Municipales a los residuos líquidos transportados por el alcantarillado de una ciudad o población y tratados en una planta de tratamiento municipal, y finalmente se llaman aguas residuales industriales a las aguas residuales provenientes de las descargas de industrias de manufactura.

Por otra parte y de acuerdo al autor mencionado anteriormente, se destacan otros conceptos válidos para esta investigación como el de aguas negras las cuales se denominan aguas residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales.

Se denominan aguas grises a las aguas residuales provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, aportantes de DBO, sólidos suspendidos, fósforo, grasas y coliformes fecales, esto es aguas residuales domésticas excluyendo la de los inodoros. Las aguas lluvias por su parte, transportan la carga poluidora⁶ de techos, calles y demás superficies por donde circula; sin embargo en ciudades modernas se recogen en alcantarillas separadas, sin conexiones conocidas

⁶ Carga de contaminantes generada o lanzada en el medio ambiente expresada en cantidad de contaminantes por tiempo. En el caso de contaminación hídrica, ejemplos son la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) o DQO (Demanda Química de Oxígeno). (ECOD, 2015)

de aguas residuales domésticas o industriales y en general, se descargan directamente en el curso de agua natural, más próximo sin ningún tratamiento.

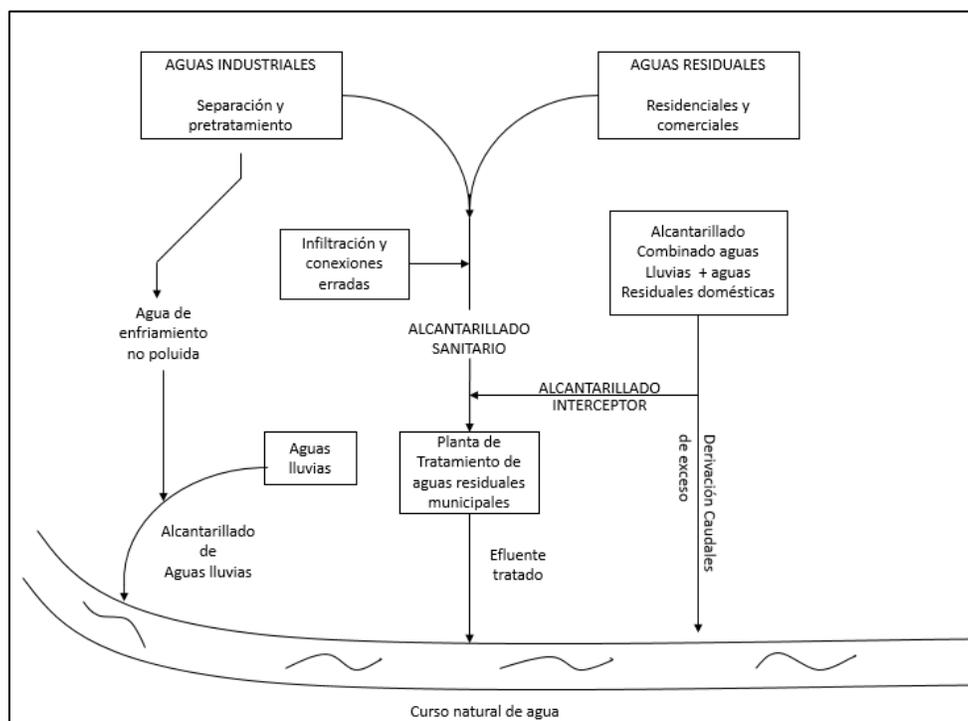


Ilustración 3. Principales fuentes de aguas residuales

Fuente: *Tratamiento de aguas residuales, teoría y principios de diseño*

(Romero Rojas, 2010)

Es importante tener en cuenta que se pueden establecer sistemas de tratamiento para las aguas residuales de acuerdo a cada una de sus características, contribuyendo así a la mitigación de efectos adversos que se pueden presentar en el ambiente y en las personas. El grado de tratamiento requerido para un agua residual depende fundamentalmente de los límites de vertido para el efluente⁷. El tratamiento primario se emplea para la eliminación de los sólidos suspendidos y los materiales flotantes, impuesta por los límites, tanto de descarga del medio

⁷ Son fundamentalmente las aguas de abastecimiento de una población, después de haber sido impurificadas por diversos usos. Desde el punto de vista de su origen, resultan de la combinación de los líquidos o desechos arrastrados por el agua, procedentes de las viviendas, instituciones y establecimientos comerciales e industriales, más las aguas subterráneas, superficiales o de precipitación que pudieran agregarse. (ESTRUCPLAN, 2017)

receptor como para poder llevar los efluentes a un tratamiento secundario, bien directamente o pasando por una neutralización u homogenización. Los procesos biológicos, o secundarios, se emplean para convertir la materia orgánica fina coloidal y disuelta en el agua residual en floc biológico sedimentable y sólidos inorgánicos que pueden ser removidos en tanques de sedimentación. Estos procesos se emplean junto con procesos físicos y químicos para el tratamiento preliminar y primario del agua residual. Dentro de estos procesos se encuentra la coagulación que se define como el proceso por el que los componentes de una suspensión o disolución estable son desestabilizados por superación de las fuerzas que mantienen su estabilidad; y la floculación que es el proceso por el que las partículas desestabilizadas se unen para formar grandes partículas estables o aglomerados. (ORTUÑO, SOLER, LLORENS, SAEZ, & AGUILAR, 2002).

En cuanto al tratamiento terciario su objetivo fundamental es la eliminación de contaminantes que no se remueven con los tratamientos biológicos convencionales; (Ramalho, 2003) dentro de estos tratamiento se encuentra el proceso de desinfección, el cual debe realizarse en el efluente de plantas de tratamiento cuando éste último pueda crear peligros de salud en las comunidades aguas abajo de la descarga. Dentro de este mismo proceso se encuentra la radiación ultravioleta, cuyas características fundamentales lo distinguen de los procesos de desinfección química (tales como cloración). La radiación ultravioleta se logra por medio de la inducción de cambios fotobioquímicos con los microorganismos. Como mínimo, deben cumplirse dos condiciones para que una reacción fotobioquímica tenga lugar: 1) Radiación de suficiente energía para alterar los enlaces químicos y 2) Absorción de tal radiación por el organismo. (RAS, 2000).

De acuerdo a la investigación llevada a cabo es necesario tener claro otro tipo de conceptos como son el de pesticidas los cuales son compuestos usados para impedir, destruir, repeler o controlar

formas de vida tanto animales como vegetales. Incluyen sustancias como los insecticidas, plaguicidas, fungicidas, herbicidas, los cuales son generalmente compuestos de cloro, organofosforados y Carbamatos, poco solubles en agua, bioacumulables, difíciles de biodegradar y transmisibles a través de la cadena alimentaria.

Los insecticidas organoclorados tienen solubilidad baja en agua, son solubles en grasas y resistentes al metabolismo, con habilidad para bioacumularse. Los insecticidas organofosforados, son usados para reemplazar a los organoclorados, son más solubles en agua, menos estables y más biodegradables. (Rojas, 2010).

Por otra parte, los carbamatos son sustancias orgánicas de síntesis conformadas por un átomo de nitrógeno unido a un grupo lábil, el ácido carbámico. Este tiene un efecto neurotóxico que, en la dosis correspondiente, conlleva a la muerte. Sus características principales son su alta toxicidad, su baja estabilidad química y su nula acumulación en los tejidos, característica ésta que lo posiciona en ventaja con respecto a los organoclorados de baja degradabilidad y gran acumulación. (Hayes, 2017).

Finalmente, se tiene en cuenta un concepto de gran importancia relacionado con los procesos llevados a cabo en el sector industrial. La actividad productiva se plasma en procesos sujetos a una organización y planificación, y a los que se aplicaran los medios y recursos adecuados. Dichos procesos están formados por conjuntos de actividades coordinadas para efectuar la producción con la determinación correcta de medios, de acuerdo con los métodos más adecuados, de manera que se obtenga el producto con la máxima productividad y calidad y el mínimo tiempo y costo (Arbós, 2012).

Dentro de estos procesos se encuentran los sistemas de tratamiento en el sitio los cuales son aquellos que se utilizan en lugares aislados, donde no existen redes de alcantarillado, o donde se requiere remover la cantidad de sólidos suspendidos antes de verter el agua residual al sistema de alcantarillado. En los casos que no sea factible la utilización de sistemas de tratamiento en el sitio de origen, debido a la magnitud del volumen de las aguas residuales a tratar, se deben utilizar sistemas adecuados con mayor capacidad. (RAS, 2000)

Por otra parte se encuentran diferentes formas de mejorar la eficacia de algunos procesos, como los sistemas de eliminación de materia en suspensión mediante la adición de ciertos reactivos químicos que, en primer lugar, desestabilicen la suspensión coloidal (coagulación) y a continuación favorezcan la floculación de las mismas para obtener partículas fácilmente sedimentables. Es una operación que se utiliza a menudo, tanto en el tratamiento de aguas residuales urbanas y potables como en industriales (industria de la alimentación, pasta de papel, textiles, etc.) (García, Valiño, & García, 2015)

Finalmente se encuentra una opción de tratamiento en el cual su componente principal es el carbón activado que está definido como material o materia carbonizada la cual puede ser de origen vegetal o mineral. Se le llama activado debido a que toda la materia carbonizada tiene propiedades adsorbentes, pero el estado de activación que se da a este tipo especial de carbón le confiere propiedades especiales que lo hacen tener una gran capacidad para adsorber ciertas substancias (Rocha Castro, 2011).

6. ESTADO DEL ARTE

➤ Tratamiento biológico de aguas residuales domésticas

Para determinar la eficiencia de las especies en la remoción de contaminantes se realizaron ensayos en uno de los sistemas de tratamiento de aguas residuales de la comunidad de Turucu. En el cual se aplicaron los tratamientos donde se emplearon las especies *E. crassipes*, *A. filiculoides* y *L. gibba* en la depuración de las aguas. Aplicándose las proporciones de siembra sugeridas por Rodríguez, 2001, quien recomienda que la proporción de *Azolla sp* sea 1,71 kg/m², *E. crassipes* 5 kg/m² y *Lemna. sp* de 1,5 kg/m².

El proceso de siembra se realizó en base a hijuelos de plantas grandes obtenidas de otros sistemas de tratamiento de aguas residuales y del Lago San Pablo. La siembra fue realizada dispersándose esporádicamente los hijuelos de jacinto de agua en los cuatro estanques de la comunidad de Turucu con la finalidad de evitar un estrés en la planta y una mejor adaptación. Durante el cultivo se realizaron varias cosechas, seleccionando especialmente a las plantas con coloración amarillenta o aquellas que presentaban bulbos blanquecinos, permitiendo el crecimiento de los individuos en buenas condiciones.

Luego de realizados los análisis de aguas en cada tratamiento, se procedió a obtener los promedios de los resultados de los análisis de aguas. En la ilustración 4 se puede observar el porcentaje de remoción en los cuatro tratamientos. La remoción de la mayoría de parámetros la alcanzó la especie *E. crassipes*, seguida de la especie *A. filiculoides*, y de *L. gibba* quedando como última opción la asociación de las tres especies propuestas anteriormente. (León-Espinoza y Lucero, 2008).

Parámetros	<i>L. gibba</i>	<i>A. filiculoides</i>	<i>E. crassipes</i>	Asociación
Conductividad	13.44	18.76	25.35	2.02
Sólidos totales	14.51	18.81	25.69	1.78
Sólidos Suspendidos	91.29	93.91	95.40	88.38
Sólidos sedimentales	93.85	92.59	94.80	98.62
DQO	63.12	72.48	76.30	70.35
DBO	78.26	79.25	87.68	40.00
N-Nitratos	33.14	31.05	0.30	38.09
N-Nitritos	0.00	0.00	0.00	0.00
Nitrógeno amoniacal	0.00	0.00	20.01	23.62
Nitrógeno total K	5.74	6.38	77.78	0.00
Fósforo total	63.32	77.35	0.00	62.57
Fosfato	63.32	77.76	0.00	58.88
Coliformes totales	96.98	83.42	94.09	72.16
<i>Escherichia coli</i>	98.55	88.88	97.76	86.62

Ilustración 4. Resultado del análisis de aguas residuales mediante Jacinto de agua y otras especies.

➤ Tratamiento de aguas residuales con productos orgánicos

El potencial hídrico del Lago de Tota es tan grande como su riqueza paisajística, lugares como Playa Blanca, sus acantilados y sus hermosos atardeceres son una buena oferta turística que nadie desconoce. Pese a esto, se ve afectado por diferentes problemáticas ambientales, sociales y económicas. Dentro de ellas se encuentra la quebrada El Mugre. Esa cloaca tiene bien ganado su nombre, pues por ella se transportan las aguas residuales de más de 6.000 habitantes de la población y que finalmente, sin ningún tipo de tratamiento, se vierten al lago.

Por otra parte, el uso de la gallinaza que se emplea en los cultivos de cebolla, generan gran afectación al lago de Tota, al cual van a parar todos estos químicos.

Ante estas problemáticas, los agricultores evalúan diferentes alternativas, como son experimentar con productos orgánicos, que reducen el impacto negativo de los agroquímicos en los cultivos de cebolla. Estas iniciativas de concertación demuestran que puede haber salida a las complejas problemáticas que padece el lago. (Ávila, 2018)

➤ **Tratamiento Físicoquímico de Aguas Residuales**

El tratamiento físicoquímico de las aguas residuales provenientes de una industria local de beneficio de arcillas para la remoción de sólidos suspendidos totales (SST) y turbiedad, utilizando la prueba de jarras ha sido estudiado y analizado. Adicionalmente, se caracterizó la materia prima utilizada en el proceso de beneficio, al igual que los lodos generados en el mismo. Los coagulantes utilizados fueron sulfato de aluminio y un polímero aniónico (A-100). Se evaluaron dos niveles de pH (6 y 9) y dos dosis de coagulante (20 mg/L y 100 mg/L). Los resultados indican que con una baja concentración de coagulante es posible obtener una alta remoción cercana al 100% de ambos parámetros, SST y turbiedad. El polímero aniónico mostró ser altamente eficaz en concentración de 20 mg/L y pH=6. De acuerdo a los resultados obtenidos se propone una serie de aplicaciones en las cuales este material puede ser reutilizado. (Biviana A. Llano, 2014)

➤ **Producción de carbón activado mediante métodos físicos a partir de carbón de El Cerrejón y su aplicación en el tratamiento de aguas residuales provenientes de tintorerías**

Se hizo la activación física de carbones provenientes de El Cerrejón con el fin de evaluar distintas condiciones de activación para obtener carbones activados con distintas propiedades de interés. Estos se caracterizaron utilizando los índices de yodo y de azul de metileno (ASTMD 4607, NTC 4467). Se encontró que el carbón activado obtenido por activación física presentaba una capacidad de adsorción de colorantes de hasta un 70% y, por ende, podía aplicarse en el tratamiento de aguas industriales contaminadas con colorantes utilizados en la industria textil. (José Rincón, 2015).

7. MARCO LEGAL

A continuación se menciona la normatividad vigente que es aplicable a este trabajo:

- **RESOLUCIÓN 631 DE 17 DE MARZO DE 2015:** Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

Artículo 1. Objeto y Ámbito de Aplicación. La presente Resolución establece los parámetros y los valores límites máximos permisibles que deberán cumplir quienes realizan vertimientos puntuales a los cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público. Igualmente, se establecen los parámetros objeto de análisis y reporte por parte de las actividades industriales, comerciales o servicios, de conformidad con el artículo 18 de la presente Resolución.

Artículo 7. Parámetros de ingredientes activos de plaguicidas de las categorías toxicológicas IA IB Y II, y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas superficiales de alcantarillado público.

En 3PL se manipulan agroquímicos de todas las categorías como se expresa en la tabla 4, de acuerdo a esto se establece lo siguiente:

CLASIFICACIÓN TOXICOLÓGICA	
<i>IA</i>	Sumamente peligroso
<i>IB</i>	Muy peligroso
<i>II</i>	Moderadamente Peligroso
<i>III</i>	Poco peligroso

IV	Productos que normalmente no ofrecen peligro
----	--

Tabla 4. Clasificación toxicológica

Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS)

El valor límite máximo permisible de la concentración presente en el vertimiento es de 0,001 mg/L para cada una de las siguientes características químicas:

Los ingredientes activos de plaguicidas de la Categoría Toxicológica IA

Los ingredientes activos de plaguicidas con características toxicológicas cuya información reconocida por el Ministerio de Salud y Protección Social o quien haga sus veces, sean catalogadas como extremada o altamente peligrosas.

- El valor límite máximo permisible de la concentración presente en el vertimiento es de 0,05 mg/L para los ingredientes activos de plaguicidas de la categoría Toxicológica IB
- El valor límite máximo permisible de la concentración presente en el vertimiento es de 0,10 mg/L para los ingredientes activos de plaguicidas de la Categoría Toxicológica II exceptuando los clasificados como Compuestos Organoclorados.
- El valor límite máximo permisible de la concentración presente en el vertimiento es de 0,05 mg/L para los ingredientes activos de plaguicidas de la Categoría Toxicológica II clasificados como Compuestos Organoclorados.

Estableciéndose en el parágrafo 4, que la suma total de las concentraciones de los ingredientes activos de plaguicidas no podrá ser superior a 1,00 mg/L.

CAPITULO VI

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y SUS VALORES LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES EN LOS VERTIMIENTOS PUNTUALES DE AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS – ARnD A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES

Artículo 13. Parámetros fisicoquímicos a monitorear y sus valores máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – ARnD a cuerpos de aguas superficiales de actividades asociadas con fabricación y manufactura de bienes.

SECTOR: ACTIVIDADES DE FABRICACIÓN Y MANUFACTURA DE BIENES

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – ARnD a cuerpos de aguas superficiales

Parámetro	unidad	Fabricación de plaguicidas y otros productos químicos de uso agropecuario
pH	unidad de pH	6-9
DQO	mg/l O ₂	600
DBO₅	mg/l O ₂	200
SST	mg/l	200
SSED	mg/l	1,00
G&A	mg/l	10
Fenoles	mg/l	0,20
SAAM	mg/l	Análisis y Reporte
AOX		Análisis s y Reporte
Ortofosfatos	mg/l	Análisis y Reporte
Fosforo Total	mg/l	Análisis y Reporte
Nitratos	mg/l	Análisis y Reporte
Nitrogeno Amoniacal	mg/l	Análisis y Reporte

Nitrogeno total	mg/l	Análisis y Reporte
Cloruros	mg/l	Análisis y Reporte
Sulfatos	mg/l	Análisis y Reporte
Arsenico	mg/l	0,10
Cinc	mg/l	3
Cobre	mg/l	1
Cromo	mg/l	0,50
Mercurio	mg/l	0,01
Acidez Total	mg/l CaCO ₃	Análisis y Reporte
Alcalinidad Total	mg/l CaCO ₃	Análisis y Reporte
Dureza Calcica	mg/l CaCO ₃	Análisis y Reporte
Dureza Total	mg/l CaCO ₃	Análisis y Reporte
Color Real	m-1	Análisis y Reporte

CAPITULO VIII

PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y SUS VALORES LIMITES MÁXIMOS PERMISIBLES EN LOS VERTIMIENTOS PUNTUALES DE AGUAS RESIDUALES NO DOMÉSTICAS – ARnD AL ALCANTARILLADO PÚBLICO

Artículo 16. Vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – ARnD al alcantarillado público.

Tabla 6. Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas – ARnD al alcantarillado público

Parámetro	unidad	Fabricación de plaguicidas y otros productos químicos de uso agropecuario
pH	unidad de pH	5-9

DQO	mg/l O ₂	900
DBO₅	mg/l O ₂	300
SST	mg/l	300
SSED	mg/l	1,5
G&A	mg/l	15
Fenoles	mg/l	0,2
SAAM	mg/l	Análisis y Reporte
AOX		Análisis y Reporte
Ortofosfatos	mg/l	Análisis y Reporte
Fosforo Total	mg/l	Análisis y Reporte
Nitratos	mg/l	Análisis y Reporte
Nitrogeno Amoniacal	mg/l	Análisis y Reporte
Nitrogeno total	mg/l	Análisis y Reporte
Cloruros	mg/l	Análisis y Reporte
Sulfatos	mg/l	Análisis y Reporte
Arsenico	mg/l	0,1
Cinc	mg/l	3
Cobre	mg/l	1
Cromo	mg/l	0,5
Mercurio	mg/l	0,01
Acidez Total	mg/l CaCO ₃	Análisis y Reporte
Alcalinidad Total	mg/l CaCO ₃	Análisis y Reporte
Dureza Calcica	mg/l CaCO ₃	Análisis y Reporte
Dureza Total	mg/l CaCO ₃	Análisis y Reporte
Color Real	m-1	Análisis y Reporte

➤ **CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA – CAR**

ACUERDO NÚMERO 43 DEL 17 DE OCTUBRE DE 2006: “Por el cual se establecen los objetivos de calidad del agua para la cuenca del río Bogotá a lograr en el año 2020”

Para realizar el diagnóstico de la calidad actual del agua de la cuenca del río Bogotá, su trayecto se dividió en cinco tramos, en razón de sus características físicas y de uso, de la siguiente manera:

1. Cuenca Alta-Superior al sector comprendido entre Villapinzón y Tibitoc.
2. Cuenca Alta-Inferior entre Tibitoc y la estación hidrometeorológica la Virgen.
3. Cuenca Media entre la estación hidrometeorológica la Virgen y las compuertas Alicachín, en inmediaciones del embalse del Muña.
4. Cuenca Baja – superior desde El Embalse del Muña hasta la descarga del río Apulo.
5. Cuenca Baja Inferior desde la descarga del río Apulo hasta la desembocadura del río Bogotá en el Magdalena.

Para motivos de esta investigación solo se tiene en consideración la Cuenca Media puesto que allí intervienen las descargas del río Fucha en el cual se hacen los vertimientos de la Empresa 3PL.

En la cuenca media, se suman las descargas del río Salitre, Fucha y Tunjuelo donde los parámetros de referencia adoptan valores altos, que para el caso de la DBO y los SST se encuentran alrededor de los 270 y 200 mg/L respectivamente, y donde la condición de anoxia en el río se hace presente durante la totalidad de este tramo, mostrando el gran impacto que la ciudad de Bogotá particularmente sus vertimientos causan sobre el río.

Tabla 7. Condiciones actuales de la cuenca del río Bogotá

Parámetro	Cuenca				
	Alta-Superior	Alta-Inferior	Media	Baja-Superior	Baja-Inferior
DBO (mg/L)	20-70	70-150	200-270	100-200	100-200

SST (mg/L)	20-100	20-100	100-200	200	100-200
OD (mg/L)	6	2-6	0-2	4-6	0-2
C. Totales (NMP/100ml)	10 ³ -10 ⁵	10 ³ -10 ⁵	10 ⁵ - 10 ⁹	10 ⁵ -10 ⁹	10 ⁵ -10 ⁸
Cadmio (mg/L)	0.003	0.000	0.003	0.008	0.009
Cromo (mg/L)	0.021	0.005	0.041	0.050	0.0033
Níquel (mg/L)	0.016	0.016	0.029	0.050	0.028
Plomo (mg/L)	0.025	0.019	0.032	0.034	0.034

CERTIFICADOS, PERMISOS Y LICENCIAS DE 3PL LOGISTICS SOLUTIONS

➤ **CERTIFICADO BPMVV 2014**

Como Semielaborador de insumos pecuarios (Envasador de Líquidos Sólidos con Base en Ectoparasiticidas de uso Externo). (Bodegas 8 & 9)

Como semielaborador (Acondicionador de Medicamentos Veterinarios) para cambios de etiquetas y plegadizas, colocación de etiquetas e insertos, estuchado y termoencogido de productos hormonales Betalactámicos y otros activos. (Bodega 10).

➤ **RESOLUCIÓN ICA N°. 002702 DE 29 DE AGOSTO DE 2014**

Registro como Semielaborador de medicamentos veterinarios (Envasador de líquidos y sólidos con base Ectoparasiticidas de uso externo). (Bodegas 8 & 9)

Acondicionador de medicamentos veterinarios (Cambio de etiquetas y plegadizas, colocación de etiquetas e insertos, estuchado, termoencogido y promociones, en medicamentos con base en Hormonales, Betalactámicos y otros plaguicidas. Almacenamiento de Medicamentos Veterinarios en temperatura ambiente y biológicos veterinarios en cuarto frío. Almacenamiento de alimentos y productos nutricionales para animales, bodega 10) a la Empresa 3PL LOGISTICS SOLUTIONS COLOMBIA S.A.S.

➤ **CONCEPTO SANITARIO FAVORABLE - SECRETARIA DE SALUD 2015**

➤ **CERTIFICADO PROYECTO PISA - SALUD AMBIENTAL**

➤ **RESOLUCIÓN ICA N°. 001433 DE 22 DE MARZO DE 2011**

Registro como Envasador y Empacador de Fertilizantes Inorgánicos Líquidos (Suspensiones Concentradas y Concentrados Solubles) y Sólidos (Polvos Granulados), mediante servicios de Maquila, a la Empresa 3PL LOGISTICS SOLUTIONS COLOMBIA S.A.S.

➤ **RESOLUCIÓN ICA N°. 001358 DE 15 DE MARZO DE 2011**

Registro como Envasador de Plaguicidas de uso Agrícola, a la Empresa 3PL LOGISTICS SOLUTIONS COLOMBIA S.A.S.

➤ **RESOLUCIÓN ICA N°. 001342 DE 15 DE MARZO DE 2011**

Registro como Envasador de Regulaciones Fisiológicas y Coadyuvantes de uso Agrícola, a la Empresa 3PL LOGISTICS SOLUTIONS COLOMBIA S.A.S.

➤ **RESOLUCIÓN MINAMBIENTE N°. 0132 DE 1 DE FEBRERO DE 2011**

Por lo cual se autoriza la Cesión de un plan de manejo ambiental otorgado mediante Resolución 1145 del 26 de junio de 2007 relacionado con el proyecto denominado “Envase y Empaque de Agroquímicos y Pecuarios” de la Empresa ALDITEC S.A. a la Empresa 3PL LOGISTICS SOLUTIONS COLOMBIA S.A.S

De acuerdo con las razones expuestas del presente acto administrativo.

En la resolución 1145 del 26 de junio de 2007, en su numeral 2.1 relacionado con Permiso de vertimientos se define lo siguiente:

“Las aguas de lavado de equipos y áreas de acondicionamiento, así como los residuos sólidos se depositan en tambores identificados con la leyenda “desechos” se entregan a los clientes para que ellos, mediante contrato con otro tercero se encarguen de la disposición final.

“Para el recurso suelo se espera que el impacto sea mínimo porque se hará un programa para la atención de derrames y otro para la detección y control de escapes.

“Con fundamento en lo anterior, y a que todos los sifones que dan a los desagües están clausurados, y las entradas de acceso a las bodegas y a las áreas de acondicionamiento cuentan con pendientes para retener los productos, no es necesario que le empresa obtenga un permiso de vertimientos.

8. DISEÑO METODOLÓGICO

8.1 UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS CLIMATOLÓGICAS

La empresa 3PL Logistics Solutions tiene presencia en la ciudad de Bogota D.C, Localidad de Fontibón y se encuentra ubicada en el parque industrial el Dorado, en la Carrera 127 # 22 G – 15. Está distribuida en diferentes bodegas (8, 9, 10, 11 y 12), la distribución número 13 se encuentra ubicada en el parque Industrial San Diego en el municipio de Funza, Departamento de Cundinamarca.

Esta compañía ofrece servicios de acondicionamiento, almacenamiento, segregación, empaque, preparación, transporte local y nacional de productos químicos, agroquímicos, pesticidas, farmacéuticos veterinarios y biológicos, cadena de frio y almacenamiento en cuarto frío.

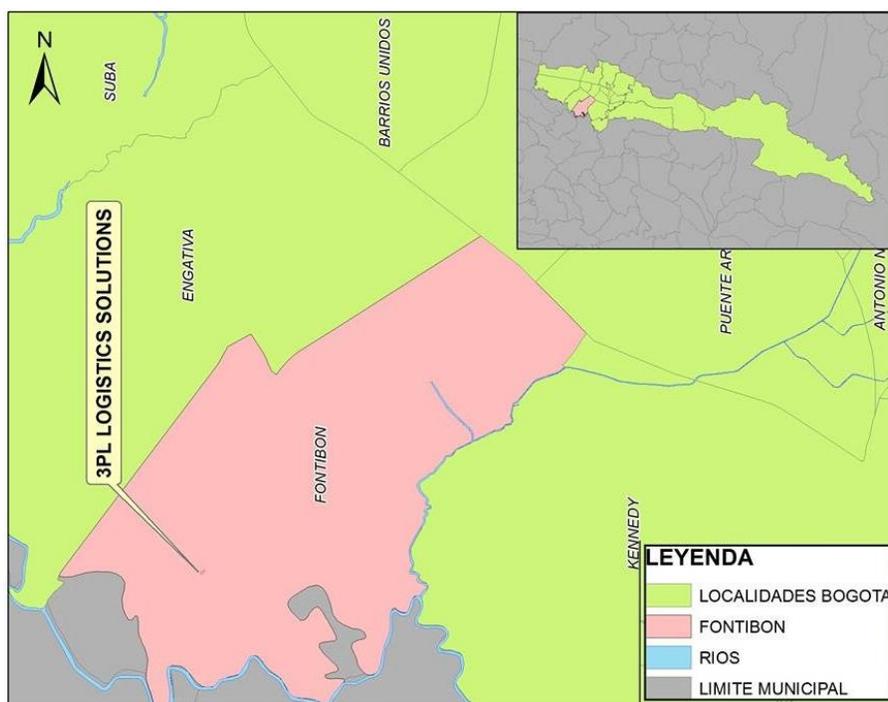


Ilustración 5. Ubicación de la compañía 3PL en la ciudad de Bogotá

Fuente: Google Maps

Las características climáticas de la zona no están especificadas en documentos propios de la compañía, sin embargo la empresa limita al oeste con el Aeropuerto Internacional el dorado, siendo éste un límite estratégico para establecer las características climáticas mas relevantes e influyentes para el sistema de tratamiento de aguas residuales.

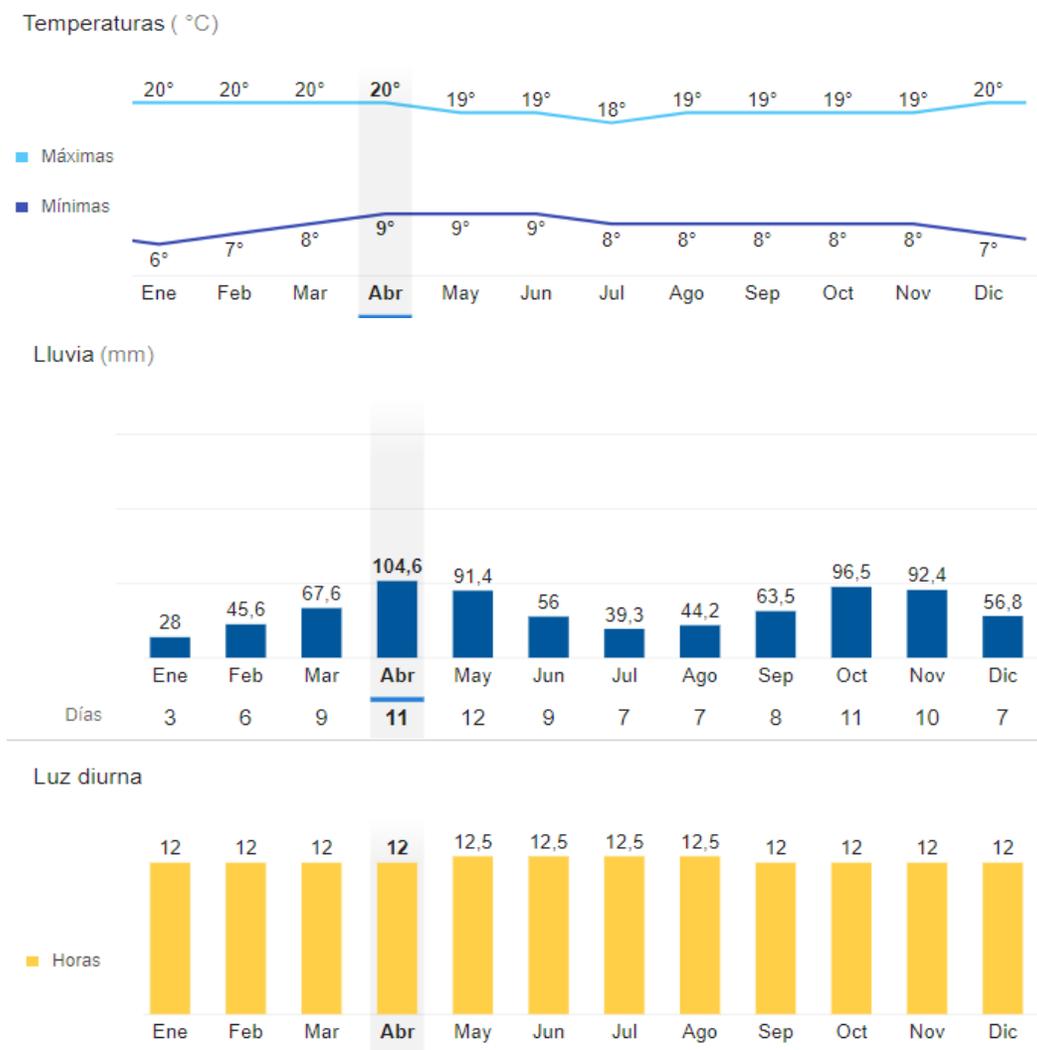


Ilustración 6. Promedios de datos meteorológicos para el Aeropuerto Internacional el Dorado

Fuente: National Oceanic and Atmospheric (NOAA)

Los datos de la ilustración 6 muestran temperatura, precipitación y cantidad de horas de luz al día y su comportamiento a lo largo del año, con énfasis en cifras meteorológicas del mes actual. En la gráfica de precipitación, se aprecia el régimen bimodal de lluvias que es característico de la región andina, sin ser la excepción la zona de influencia del Aeropuerto el Dorado, presentando mayores precipitaciones para los meses de abril y octubre.

Por su parte, el comportamiento de temperatura en el mes de mayor precipitación muestra un comportamiento opuesto, es decir, que para el mes de abril la temperatura mínima es de 9°C y la máxima de 20 °C, presentando un alza considerable de la temperatura en el mes de mayor precipitación del año.

A grandes rasgos, las horas de luz solar durante el año permanecen constantes, notándose media hora de incremento de luz diurna desde el mes de mayo, hasta el mes de agosto.

8.2 UNIVERSO, POBLACIÓN Y MUESTRA

Para definir el Universo de la investigación, según el Observatorio Ambiental de Bogotá a 2009, la capital contaba con 251 establecimientos comerciales de manipulación en productos químicos, la mayoría de ellos con vertimientos puntuales a la red de Alcantarillado de Bogotá.

La población estaría dada por las 6 distribuciones establecidas por la gerencia de la compañía, cada una de estas distribuciones acoge diferentes tipos de clientes y manipula diversos productos; de ahí su segregación y operación de manera independiente como se evidencia en la tabla 8:

Tabla 8. Distribución de las diferentes bodegas de las compañía

Distribución	Cliente	Naturaleza del producto	Encargado
8	Anasac, Avgust, Carval, Dacarsa, Interoc, Summitagro, Talex.	Agroquímicos Pecuarios	Supervisora de Producción: Maria Nory Sánchez
9	Anasac, Carval, Dacarsa, Interoc y Summitagro.	Agroquímicos Pecuarios	Jefe de Bodega: Jhonny Cuello

10	Elanco, Procaps, Ourofino.	Veterinarios Biológicos	Jefe de Bodega: Victor Rada
11	Siliconas y químicos	Químicos	Jefe de Bodega: José Carpintero
12	Avgust, Talex, Grafix.	Agroquímicos Pecuarios	Jefe de Bodega: Mauricio Rua
13	FMC, Avgust.	Agroquímicos Pecuarios	Jefe de Bodega: Johanna Serrano

Fuente: Autores



Ilustración 7. Distribución N° 9 en la compañía

Fuente: Autores



Ilustración 8. Distribución N° 10 en la compañía

Fuente: Autores



Ilustración 9. Distribución N° 11 en la compañía

Fuente: Autores



Ilustración 10. Distribución N° 12 en la compañía

Fuente: Autores

En la presente investigación, la muestra de aguas residuales tomada en la empresa 3PL Logistics Solutions está compuesta por las 4 líneas de producción (ilustración 11 y 13), que conforman el vertimiento final de la distribución número 8, de las cuales para efecto de análisis se caracterizaron de manera individual, dos de ellas. Teniendo en cuenta que el agua residual generada por parte de ésta distribución se obtiene del lavado de empaques, envases, equipos, instalaciones y remanentes de productos agroquímicos y veterinarios procesados allí como se muestra en la ilustración 16.



Ilustración 11. Área de producción 1

Fuente: Autores



Ilustración 12. Residuos de productos utilizados en área 1 de producción

Fuente: Autores



Ilustración 13. Área de producción 3

Fuente: Autores



Ilustración 14. Punto de recolección de aguas residuales de la compañía

Fuente: Autores



Ilustración 15. Recipiente para recolección de aguas residuales de la compañía

Fuente: Autores



Ilustración 16. Aguas residuales procedentes del lavado de empaques, envases, equipos e instalaciones

Fuente: Autores

8.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

El protocolo para el aforo de caudal y la recolección de muestras de agua residual generadas en 3PL, se realizó con base en el instructivo para la toma de muestras de aguas residuales propuesto por el IDEAM⁸ bajo la subdirección de hidrología, en marco del grupo de laboratorio de calidad ambiental.; teniendo en cuenta los parámetros de preservación de muestras para las alícuotas que se tomaron para su posterior análisis:

Tabla 9. Requerimientos para conservación y almacenamiento de muestras de agua

Parámetro	Observación	Refrigeracion	Tiempo máximo de almacenamiento
Ph	Analizar inmediatamente	No	0,25 horas
DQO	Analizar tan pronto sea posible	Si	7-28 días

⁸ Ver Anexo 3

Adicionar H ₂ SO ₄ a pH<2			
SST	No	Si	2-7 días
Grasas y Aceites	Adicionar HCl a pH<2		28 días
Cloruros	No	No	28 días
ORP	No Especificado en la guía, se refrigero para preservar.		
Arsénico	Para metales disueltos, filtrar inmediatamente.		
Mercurio	Adicionar HNO ₃ a pH<2		No 6 meses

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2007)

Para preservar las muestra de DQO, grasas y aceites y metales, se añadieron 20 gotas de cada uno de los preservantes por cada 500 mL de muestra; es decir que la primera muestra tomada para analizar G&A, y SST con un volumen de 1070 mL se preservó con 39 gotas de HCl, la segunda muestra tomada, para analizar metales y cloruros, con un volumen de 660 mL se preservó con 24 gotas de HNO₃, la muestra final con la que se analizó DQO, se refrigeró y se preservó con 32 gotas de H₂SO₄ a pH<2, para un volumen de 880 mL.

8.4 MÉTODO DE ANÁLISIS E INFRAESTRUCTURA

Para efectos de calidad y confiabilidad en los resultados esperados en la caracterización de los efluentes industriales provenientes de la compañía, se realizó el análisis de metales pesados como Arsénico (As) y Mercurio (Hg), en el instituto de Higiene Ambiental, un laboratorio con 25 años de trayectoria, certificado por la ISO 9001:2015 ISO 14001, OHSAS 18001, para la toma y análisis de muestras de agua residual.

Los parámetros de DQO,SST, ORP⁹ Cloruros y Grasas y Aceites, se analizaron gracias a un convenio empresarial en los laboratorios de análisis para aguas residuales del equipo NUTRESA. Todas las muestras fueron preservadas y refrigeradas según lo establecido en el instructivo propuesto por el IDEAM, garantizando la cadena de custodia en cada una de las muestras recolectadas.

Posterior a la recolección, análisis del agua residual y obtención de resultados correspondientes a las líneas de producción 1 y 3 y del vertimiento general, se procede mediante hojas de cálculo a efectuar los datos correspondientes al balance de cargas, para la selección idónea del sistema de tratamiento para las ARI¹⁰ de 3PL.

8.5 METODOLOGÍA

8.5.1 Fase 1: Diagnóstico Ambiental de las aguas residuales generadas de los productos de más rotación y el vertimiento general de 3PL Logistics Solutions.

Según el cronograma de producción se registró un aumento en la recepción de órdenes de proceso a mediados del mes de febrero del presente año, para depurar el volumen total de productos en los próximos quince (15) días a petición de los clientes de la empresa.

El muestreo y recolección de datos en campo se llevó a cabo en las instalaciones de la compañía bajo los criterios establecidos en el numeral 8.3.

Se tomaron en total 3 muestras durante nueve 9 horas por 3 días en dos semanas consecutivas para un total de 3 muestras a analizar. El muestreo se llevó a cabo la última semana del mes de febrero y la primera del mes de marzo, garantizando una muestra representativa respecto al volumen de producción, para establecer el diseño de la PTAR.

⁹ Potencial de Oxidoreducción

¹⁰ Aguas Residuales Industriales

El volumen de la muestra compuesta se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$V_i = \frac{V * Q_i}{n * Q_p}$$

Dónde:

V_i = Volumen de cada alícuota o porción de muestra

V = Volumen total a componer

Q_i = Caudal instantáneo de cada muestra

Q_p = Caudal promedio durante el muestreo

n = Numero de muestras tomadas

Para el aforo de caudal del vertimiento se tuvo en cuenta el instructivo descrito en el numeral 8.3; sin embargo al observar que el vertimiento era fluctuante durante el turno de trabajo y el agua residual proveniente de las 4 líneas de producción se disponía directamente a los bidones, se decidió evaluar el caudal por hora hasta completar el aforo del bidón al final del día.

El bidón aforado contaba con una capacidad de 500 L, el segundo día de muestreo, se registró cada hora (Ver tabla 10), el volumen que ingresaba al contenedor, para obtener el caudal promedio, mínimo y máximo durante el turno de trabajo. Al final del día el contenido de este bidón se llevó a un bidón aforado con capacidad de 1 m³, recipiente que al completar su aforo se dispone en celda de seguridad para su recolección y posterior incineración.

$$\text{Caudal Medio } (\bar{X}) = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{N}$$

Dónde:

$(X_1 + X_2 + \dots + X_n)$ = Conjunto de Observaciones

N = Número total de datos

Adicional a la caracterización físicoquímica del agua residual, se realizó una caracterización teórica donde se clasificó el total de los ingredientes activos, presentes en cada producto que se maneja en la distribución número 8 de la compañía.

Esta clasificación se realizó según el grupo químico del principio activo de los plaguicidas y se catalogaron conforme a lo establecido por Arregui & Puricelli, (2008) donde se establecen los grupos químicos más importantes para los insecticidas, herbicidas y fungicidas con base en la toxicidad de estos compuestos.

Previo la caracterización general del agua residual y el aforo de caudal, se procedió a realizar el balance de cargas como se estableció en el numeral 8.4.

8.5.2 Fase 2: Evaluación de la eficiencia del diseño hidráulico realizado para el tratamiento de Aguas Residuales Industriales (ARI) en la compañía 3PL Logistics Solutions.

Se establecen los procesos unitarios de tratamiento para el agua residual generada en 3PL, con base en los resultados obtenidos en el balance de cargas, teniendo en cuenta las eficiencias teóricas de remoción establecidas por el título E del RAS 2000 para DQO, DBO, G&A y SST.

Las eficiencias teóricas de remoción para metales pesados como Arsénico y Mercurio se tomaron de diferentes estudios realizados en el campo de la fitorremediación, procesos de oxidación avanza y sistemas de coagulación-floculación para la eliminación de dichos contaminantes.

Los criterios de diseño tenidos en cuenta para el dimensionamiento de la PTAR fueron los establecidos por *Romero Rojas*, en su texto *Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y*

Principios de diseño, 2010, teniendo en cuenta la eficiencia de remoción estimada en carga contaminante por cada componente.

8.5.3 Fase 3: Establecimiento de los compuestos que sobrepasan los límites permisibles contenidos en la resolución 631 de 2015

En la última fase de la presente investigación se evalúa si el proceso de tratamiento cumple con los límites máximos permisibles en (mg/L) para los parámetros que pueden ser vertidos a la red de alcantarillado en la ciudad de Bogotá según lo establecido en la resolución 631 de 2015; evaluando la eficiencia general del sistema.

8.6 RECURSOS

Los recursos económicos con los que se realizó la investigación fueron asumidos en su totalidad por las investigadoras del trabajo, los recursos físicos y logísticos fueron suministrados por la empresa 3PL Logistics Solutions donde se efectuó el estudio, finalmente los aspectos técnicos e institucionales fueron únicamente los descritos en el numeral 8.4 bajo la supervisión del Ingeniero Andres E. Gonzalez Castañeda.

9. RESULTADOS Y ANÁLISIS

9.1. DETERMINACIÓN DE CONTAMINANTES

De acuerdo a la visita realizada a las instalaciones de la empresa 3PL Logistics Solutions y luego de realizar el respectivo muestreo para realizar la caracterización de las aguas residuales que de allí proceden, y mediante ayuda del laboratorio de una empresa privada y el Instituto de Higiene Ambiental, se presentan los siguientes resultados:

El volumen de la muestra compuesta se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$V_i = \frac{V * Q_i}{n * Q_p}$$

$$V_1 = \frac{9 * 0,1}{9 * 0,15} = 0,66 \text{ L}$$

$$V_2 = \frac{9 * 0,3}{9 * 0,28} = 1,07 \text{ L}$$

$$V_3 = \frac{9 * 0,25}{9 * 0,32} = 0,88 \text{ L}$$

Dónde:

***V_i** = Volumen de cada alícuota o porción de muestra*

***V** = Volumen total a componer*

***Q_i** = Caudal instantáneo de cada muestra*

***Q_p** = Caudal promedio durante el muestreo*

***n** = Numero de muestras tomadas*

El caudal con el que se realizó el balance de cargas, se obtuvo mediante la relación de los datos obtenidos en campo de la siguiente manera:

Tabla 10. Datos del caudal obtenido en trabajo de campo

Periodo	Caudal		Flujo
	<i>L/h</i>	<i>m³/s</i>	Acumulado
			<i>m³</i>
7-8	172	4,77778E-05	3,8
8-9	73	2,02778E-05	7,8
10-11	65	1,80556E-05	11,7

11-12	15	4,16667E-06	15,7
12-13	13	3,61111E-06	19,7
13-14	10	2,77778E-06	23,7
14-15	10	2,77778E-06	27,6
15-16	20	5,55556E-06	31,6
16-17	102	2,83333E-05	35,5
Promedio	53	1,48148E-05	
QT (L/d)		480	

Fuente: Autores

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la línea de producción 1, de la línea de producción 3 y como tal del vertimiento generado en la empresa 3PL Logistics Solutions. Se tiene en cuenta principalmente éstas líneas de producción puesto que allí se manejan los productos de mayor rotación en la compañía.

Línea de Producción N°1

Cliente: Summitagro

Producto: Saprol® DC

Ingrediente Activo: Triforine

Categoría Toxicológica: II

Tabla 11. Resultados de la caracterización de aguas residuales en la línea 1 de producción

Línea de Producción 1	
Párametro	Resultado (mg/L)
pH	5,3 unidades de pH
DQO	8408,5
DBO₅	5213,27

SST	4550
Grasa y aceites	266
Cloruros	2499
ORP	280,3 mV
Arsénico	<0,002
Mercurio	0,442

Fuente: Instituto de Higiene Ambiental y Laboratorio Grupo Nutresa

Línea de Producción N°3

Cliente: Summitagro

Producto: Danisaraba® 500ml

Ingrediente Activo: Cyflumetofen

Categoría Toxicológica: III

Tabla 12. Resultados de la caracterización de aguas residuales en la línea 3 de producción

Línea de Producción 3	
Párametro	Resultado (mg/L)
pH	5,4 unidades de pH
DQO	4141,5
DBO₅	2567,73
SST	5000
Grasa y aceites	25,5
Cloruros	1949
ORP	25,5 mV
Arsénico	<0,002
Mercurio	0,442

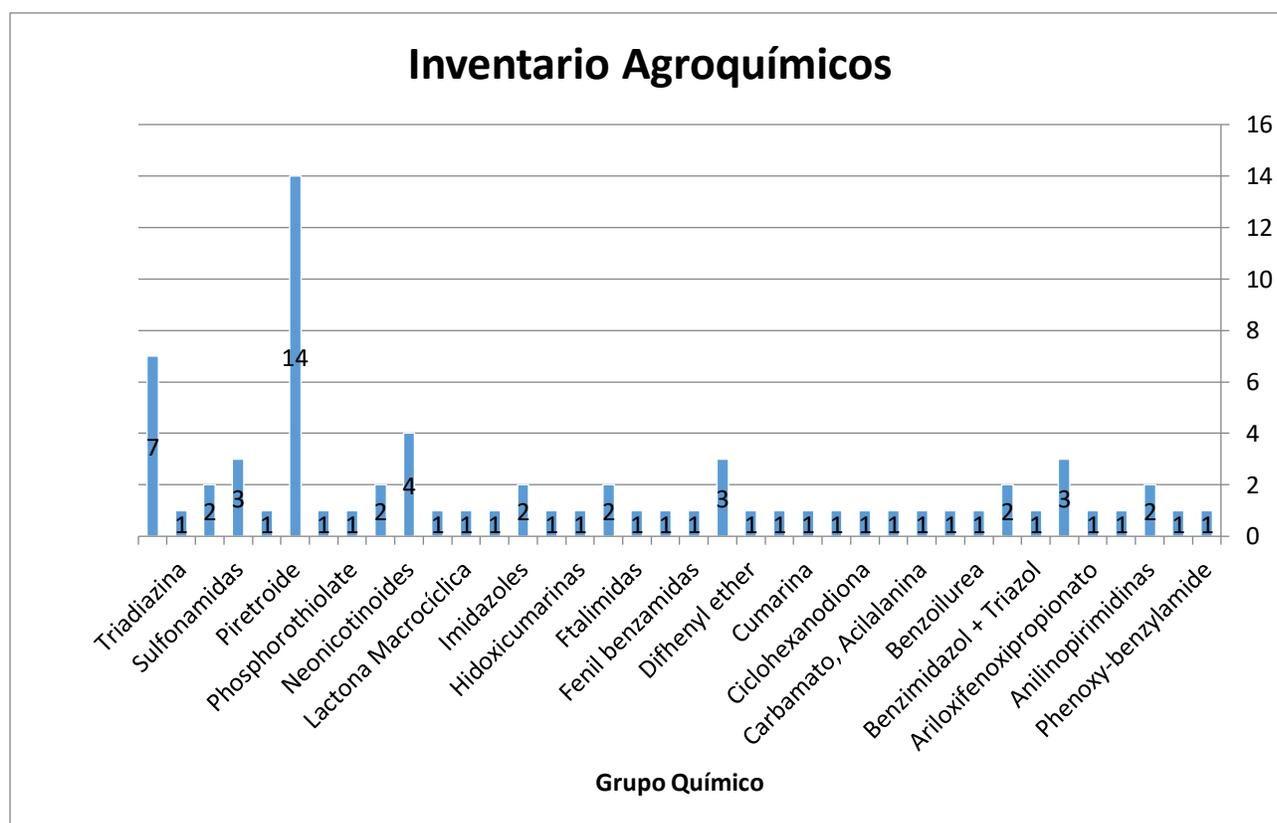
Fuente: Instituto de Higiene Ambiental y Laboratorio Grupo Nutresa

Tabla 13. Resultados de la caracterización del vertimiento de aguas residuales de la compañía

Vertimiento	
Párametro	Resultado (mg/L)
pH	6,6 unidades de pH
DQO	12550
DBO ₅	7781
SST	3710
Grasa y aceites	1250
Cloruros	2500
ORP	196 mV
Arsénico	<0,002
Mercurio	0,442

Fuente: Instituto de Higiene Ambiental y Laboratorio Grupo Nutresa

Caracterización Teórica de Ingredientes Activos de los productos manipulados en 3PL



Gráfica 1. Caracterización Teórica de Ingredientes Activos de los productos manipulados en 3PL

Fuente: Autores

Los grupos químicos con mayor presencia en los productos procesados en de la distribución No. 8 en 3PL Logistics Solutinos son Piretroides, Triadiazina y Nenonicotinoídes.

9.2. COMPUESTOS QUE INCUMPLEN RESOLUCIÓN 631 DE 2015

La siguiente tabla nos permite establecer los valores de cumplimiento que nos exige la normatividad legal vigente tanto para vertimiento a aguas superficiales como al alcantarillado público; con los valores que se obtuvieron mediante el muestreo realizado por las investigadoras de este proyecto y el análisis proporcionado por el Instituto de Higiene Ambiental y el laboratorio del grupo Nutresa y de esta manera analizar los parámetros que sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos por la resolución 631 de 2015.

Tabla 14. Parámetros que incumplen resolución 631 de 2015

Parámetro	Unidad	Valores obtenidos por muestreo propio			Valores según resolución 631 de 2015 (Aguas Superficiales)	Valores según resolución 631 de 2015 (Alcantarillado)	Cumplimiento de la norma
		Línea de producción 1	Línea de producción 3	VERTIMIENTO			
pH	unidad de pH	5,3	5,4	6,6	6-9	5-9	
DQO	mg/l O ₂	8408,5	4141,5	12550	600	900	
DBO ₅	mg/l O ₂	5213,27	2567,73	7781	200	300	
SST	mg/l	4550	3710	5000	200	300	
G&A	mg/l	1250	25,5	266	10	15	
Cloruros	mg/l	2499	1949	2500	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	

ORP	mg/l	280,3	25,5	196	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	
Arsénico	mg/l	<0,002	<0,002	<0,002	0,1	0,1	
Mercurio	mg/l	0,442	0,442	0,442	0,01	0,01	

	Si Cumple
	No cumple

De acuerdo a los valores obtenidos gracias a la caracterización es evidente que se incumplen la mayor parte de los parámetros, lo que implica un riesgo grande en materia ambiental, social y económica.

Los parámetros anteriormente descritos, son de gran importancia en este tipo de estudios, como se expresa a continuación:

La DBO y la DQO son parámetros que nos permiten conocer la cantidad de materia orgánica que hay en ésta.

La Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar totalmente la materia orgánica biodegradable que se encuentre en la muestra. Por otra parte la Demanda Química de Oxígeno (DQO) es la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar químicamente (generalmente con permanganato potásico o con dicromato potásico en medio ácido) toda la materia orgánica que se pueda encontrar presente en la muestra. De acuerdo a estas dos definiciones se puede inferir que la DQO siempre es mayor, o al menos igual, que la DBO.

Estos dos parámetros tienen gran importancia en la caracterización de aguas residuales , ya que al realizarse un vertimiento con altos valores de DBO y DQO como se ve reflejado en la tabla 14; se pueden ver afectados de gran manera los ecosistemas al cual van a parar los vertimientos.

Aunque la normatividad legal vigente en cuestión de vertimiento no tiene un valor establecido para el ORP¹¹, este es un parámetro de importancia, ya que permite evaluar la capacidad que tiene el agua, en este caso residual, para reaccionar como un agente oxidante o reductor frente a una sustancia que esté presente en ella.

9.3. CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO HIDRÁULICO

Los criterios para efectuar el diseño hidráulico para el tratamiento de aguas residuales industriales de la empresa 3PL Logistics Solutions, se presentan a continuación donde según mediciones de caudal realizadas en el presente documento y apoyadas por la líder de gestión ambiental de la compañía, se adoptan los siguientes valores:

Tabla 15. Valor obtenido del caudal

Caudal	0,02	L/s
	0,576	M3/Turno
Qadoptado	0,6	M3/Turno

Fuente: Autores

De acuerdo a la caracterización del vertimiento de la empresa 3PL Logistics Solutions, que se describe en detalle en los resultados de la presente investigación, se toman los siguientes parámetros de referencia para efectuar el balance de cargas y posteriormente el dimensionamiento y procesos unitarios necesarios para garantizar la remoción de contaminantes.

¹¹ Potencial de Oxido-reducción

Tabla 16. *Párametros de referencia para efectuar el balance de cargas*

Afluente	mg/l	Kg/día
DQO	12550	7,5
DBO	7781	4,7
SST	5000	3,0
G&A	266	0,2
As	0,0018	0,0000011
Hg	0,442	0,0002652

Fuente: Instituto de Higiene Ambiental y laboratorio Grupo Nutresa

Para validar el sistema hidráulico de tratamiento de la compañía, en primera instancia se recopiló la información de aforo de caudal y teniendo en cuenta los parámetros caracterizados en el vertimiento, se realizó el balance de cargas por componente, donde se toman como referencia eficiencias teóricas propuestas por Balda Ayala (2017) con base en el título E del RAS 2000 para diseños de plantas de tratamiento de Aguas Residuales.

10. BALANCE DE CARGAS

A continuación se plantea la remoción de carga contaminante por componente, teniendo en cuenta los principales parámetros caracterizados en el vertimiento de la compañía, sabiendo que ingresa al sistema de tratamiento en mg/L, de DQO, 12550, DBO, 7781, SST, 5000, G&A, 266, y trazas de metales pesados como Arsénico y Mercurio en proporción <0,002 y 0,442 respectivamente.

El Tamiz Estático remueve diariamente 0,9 kg/día de los componentes analizados. Por su parte la trampa de grasas remueve 0,4 kg/día, el Tamiz Estático de un tamaño de poro menor al propuesto inicialmente remueve cerca de 0,8 Kg/día; el tanque de igualación de caudal aunque no está diseñado para depurar las aguas residuales, al almacenar el agua hasta completar su aforo, realiza las funciones de un sedimentador primario, removiendo 3,4 kg/día.

A medida que las aguas residuales van depurando sus contaminantes en cada uno de los procesos de tratamiento, la carga disminuye respecto a sus valores iniciales en proporción a la eficiencia de remoción de cada componente. En el módulo de tratamiento fisicoquímico y teniendo en cuenta el TRH,¹² se remueven 3,8 kg/día; el filtro multimedio remueve en promedio 2,5 kg/día, la laguna con Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) 2,8 kg/día y finalmente 0,4 kg/día remueve el proceso final de tratamiento mediante filtración con carbón activado; tal y como se observa respectivamente en el balance de carga por componente:

Tabla 17 Eficiencias teóricas por proceso unitario para el tratamiento de las ARI de 3PL

Parámetro	mg/L	Kg/día	Eficiencia
Tamiz Estático (Inclinado)			
DQO	11922,5	7,2	5%
DBO	7392,0	4,4	5%
SST	4500,0	2,7	10%
G&A	252,7	0,2	5%
As	0,001800	0,000001	0%
Hg	0,442000	0,000265	0%
Trampa de Grasas			
DQO	11684,1	7,0	2%
DBO	7244,1	4,3	2%
SST	4275,0	2,6	5%
G&A	176,9	0,1	30%
As	0,002	1,08E-06	0%
Hg	0,442	2,65E-04	0%
Tamiz Estático (Inclinado)			
DQO	11099,8	6,7	5%
DBO	6881,9	4,1	5%
SST	3847,5	2,3	10%
G&A	168,0	0,1	5%
As	0,002	1,08E-06	0%
Hg	0,442	2,65E-04	0%
Tanque de Igualamiento			
DQO	7769,9	4,7	30%
DBO	4817,3	2,9	30%
SST	3655,1	2,2	5%

¹² Tiempo de Retención hidráulica

G&A	117,6	0,1	30%
As	0,002	1,08E-06	0%
Hg	0,442	2,65E-04	0%
Tratamiento Físico-Químico			
DQO	5438,9	3,3	30%
DBO	3372,1	2,0	30%
SST	1096,5	0,7	70%
G&A	47,1	0,0	60%
As	2,70E-04	1,62E-07	85%
Hg	0,07	3,98E-05	85%
Filtro Multimedio			
DQO	3263,4	2,0	40%
DBO	2023,3	1,2	40%
SST	438,6	0,3	60%
G&A	42,3	0,0	10%
As	2,70E-04	1,62E-07	0%
Hg	6,63E-02	3,98E-05	0%
Laguna de Cultivo con Jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>)			
DQO	652,7	0,4	80%
DBO	404,7	0,2	80%
SST	87,7	0,1	80%
G&A	29,6	0,0	30%
As	7,83E-05	4,70E-08	71%
Hg	1,92E-02	1,15E-05	71%
Filtro de Carbon activado			
DQO	261,1	0,2	60%
DBO	161,9	0,1	60%
SST	14,9	0,0	83%
G&A	2,1	0,0	93%
As	4,07E-05	2,44E-08	48%
Hg	1,00E-02	6,00E-06	48%

Las eficiencias de remoción tenidas en cuenta para As y Hg en el módulo de tratamiento fisicoquímico fueron tomadas de un estudio realizado en la ciudad de Buenos Aires, Argentina, donde se logró la remoción de Arsénico y otros metales mediante coagulación-floculación en plantas de tratamiento de agua potable (Franco & Carro Pérez, 2014).

Para el sistema de tratamiento de humedal artificial mediante la Laguna de Cultivo con Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), se tomó como referencia conceptual una investigación acerca del tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria minera con fitorremediación, donde se estableció la eficiencia de remoción para metales pesados con plantas acuáticas (Domínguez , Gómez, & Ardila, 2016).

Para establecer la remoción teórica del filtro de carbón activado, se consultaron diversas fuentes bibliográficas acerca de la eficiencia de eliminación de los contaminantes de manera individual. Para los parámetros de DBO y DQO se tomó la eficiencia de un estudio que se llevó a cabo en el estado de Hidalgo, México acerca del uso del Carbón Activado en un biofiltro para el tratamiento de efluentes acuícolas (Aragón , Ramírez, Coronel, Constantino, & Vásquez, 2013).

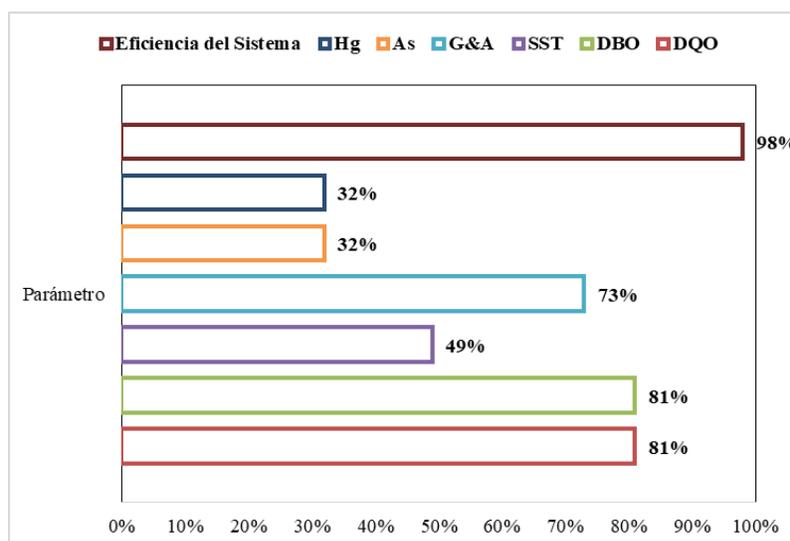
Para Sólidos Suspendidos Totales se adaptó el dato de un estudio de la ciudad de Calceta, Ecuador, donde se evaluó la Eficiencia del carbón activado, procedente del residuo agroindustrial del Coco (*Cocos nucifera*), para remoción de contaminantes en agua, en el año 2017. Finalmente, la eficiencia tomada para Grasas, Aceites y metales se tomó de una Evaluación a escala piloto de la remoción de color, hierro, aceite y grasas en aguas subterráneas realizada en Maracaibo Venezuela para el año 2013.

Los parámetros de DBO,DQO, SST G&A no especificados en el presente estudio, se tomaron con base a eficiencias teóricas expuestas por Balda Ayala, (2016), de acuerdo a los criterios establecidos en el numeral 9.3.

11. CRITERIOS DE DISEÑO

El sistema de tratamiento propuesto para remover las Aguas Residuales generadas en 3PL, cuenta con una eficiencia total del 98%, de acuerdo como se muestra en la tabla 17 donde se

especifica la remoción por contaminante, teniendo en cuenta que ingresaría al sistema en promedio 15 kg/día de los principales contaminantes tenidos en cuenta para la elaboración del diseño, incluidos DQO, DBO, SST, G&A y Arsénico (As) y Mercurio (Hg).



Gráfica 2. Remoción por carga contaminante al finalizar el proceso de tratamiento

Fuente: Autores

El sistema de tratamiento propuesto, consta de 8 procesos unitarios, compuesto por tratamiento preliminar, tratamiento primario, tratamiento secundario, y tratamiento terciario o avanzado con carbón activado, de acuerdo a esto, se presenta el esquema general de la PTAR en la ilustración 17.

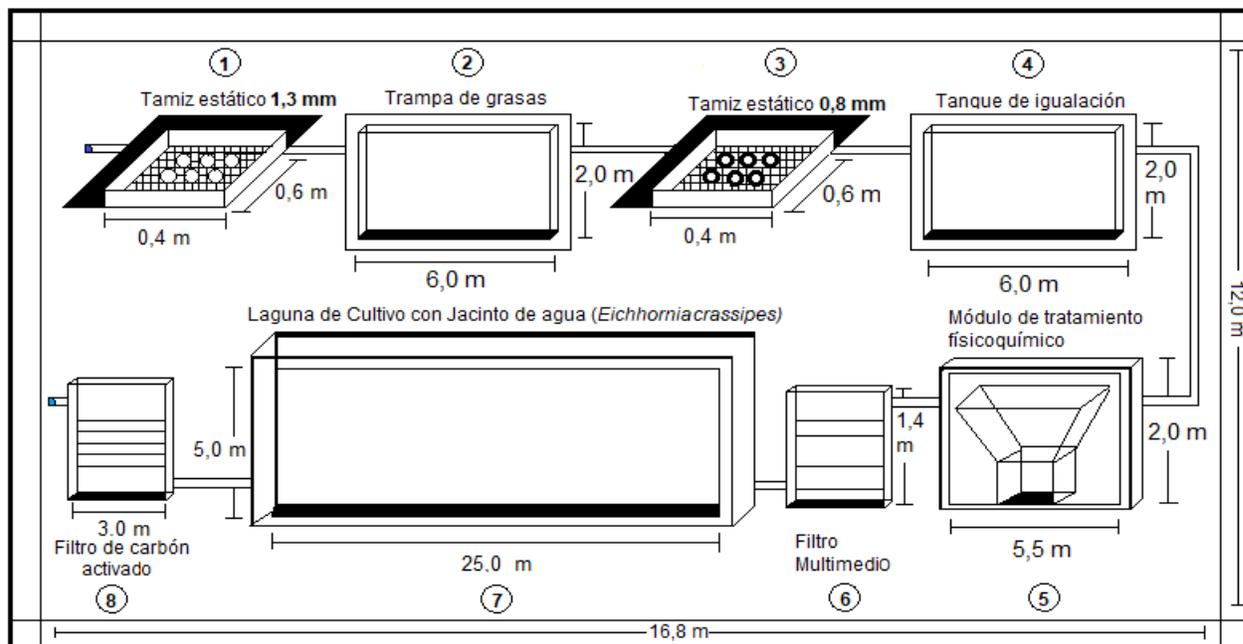


Ilustración 17. Diseño general en AutoCad de PTAR

Fuente: Autores

El área mínima total requerida para la construcción de la PTARI, se especifica en la tabla 18, el espaciamiento entre sistemas se tomó como 0,6 m, para tener una mayor precisión en la estimación del área total.

Tabla 18. Área para la construcción de la PTARI

Área Total m²	202
Longitud m	16,8
Relación L/Ancho	2:3
Ancho m	12

Fuente: Autores

11.1 I Tamiz Estático

El cribado es la operación utilizada para separar material grueso del agua, mediante el paso de ella por una criba, rejilla o tamiz. La criba puede ser de cualquier material agujereado

ordenadamente, por ejemplo una plancha o lámina metálica, de madera o de concreto, con agujeros redondos, cuadrados o de cualquier forma geométrica (Romero Rojas, 2010)

El tratamiento preliminar de la PTAR está conformado por un Tamiz Estático con una eficiencia teórica del 6% de remoción en la carga total contaminante (mg/L), la cual se especifica en la tabla 19 y cumple con las siguientes condiciones de diseño:

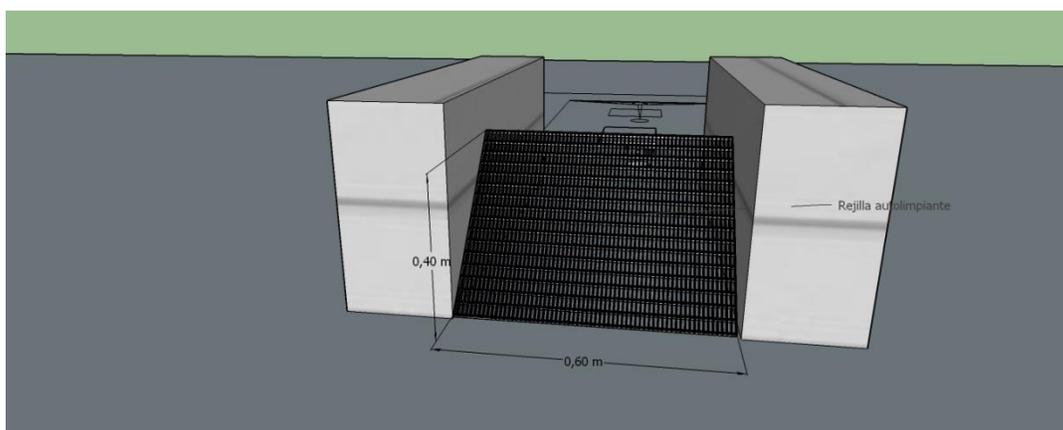


Ilustración 18. Tamiz Estático

Fuente: Autores

Tabla 19. Porcentaje de remoción Tamiz Estático

Parámetro	Kg/día	Remoción
DQO	0,4	5%
DBO	0,2	5%
SST	0,3	10%
G&A	0,01	5%
As	0,00	0%
Hg	0,00	0%

Tabla 20. Especificaciones de diseño para el Tamiz Estático

Tamaño de Poro	1,3
mm	
Longitud m	0,6
Ancho m	0,4
Grosor m	0,08

11.2 Trampa de Grasas

El sistema más sencillo para remoción de aceites y grasas no emulsificadas¹³, usado para establecimientos e industrias pequeñas, es la trampa para grasas. En un trampa grasas no hay equipo mecánico y el diseño es similar al de un tanque séptico¹⁴. Normalmente se diseña con tiempo de retención de 15 a 30 minutos y el tamaño varia respecto el Caudal del efluente (Romero Rojas, 2010).

La segunda fase del tratamiento preliminar es un trampa-grasas que remueve cerca del 30% del total de grasas y aceites presentes en el agua residual industrial y cuenta con una eficiencia teórica del 3% en remoción de la carga contaminante de todo el sistema, como se evidencia en la tabla 21 por carga contaminante.

La trampa de Grasas cumple con las siguientes especificaciones:

Tabla 21 Porcentaje de remoción de trampa de grasas

DQO	0,1	2%
DBO	0,1	2%
SST	0,1	5%
G&A	0,05	29%
As	0,00	0%
Hg	0,00	0%

Tabla 22. Especificaciones de diseño de la Trampa de Grasas

T retención min	3
Volumen m3	12
Longitud m	2

¹³ La emulsificación de las grasas es un proceso mediante el cual se modifica el entorno a fin de lograr que las moléculas de grasa y de agua se mezclen con más facilidad

¹⁴ El tanque séptico, en el cual la sedimentación y la digestión del residuo ocurren en el mismo recipiente, es el sistema más usado para adecuar el agua residual con el fin de dispersarla en el subsuelo mediante campos de infiltración o para postrarla en filtros o procesos biológicos (Rojas, 2010).

Relación L/A	3:1
Ancho m	6
Área longitudinal m²	12
Profundidad m	1
Velocidad hora m/h	0,05

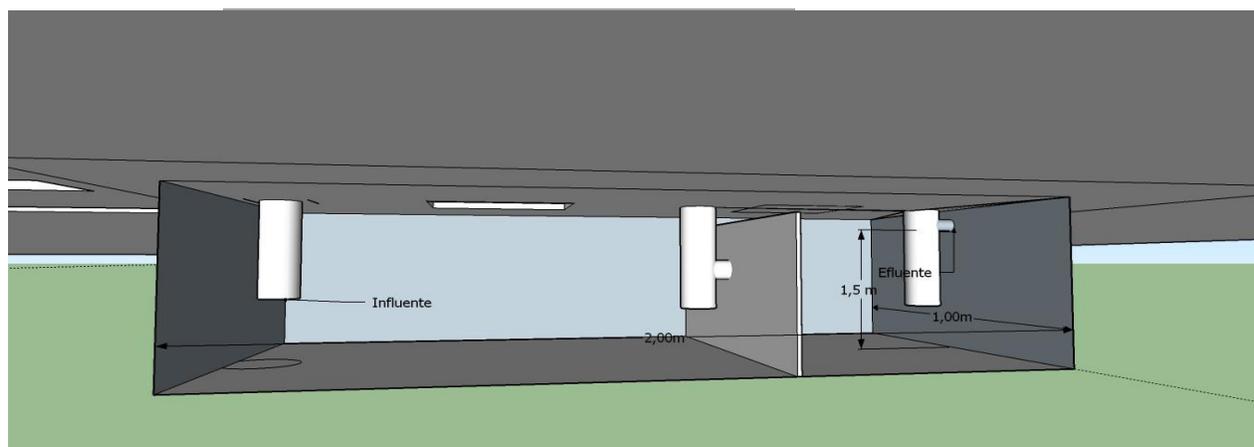


Ilustración 19. Trampa de grasas

Fuente: Autores

11.3 II Tamiz Estático

El segundo Tamiz Estático es similar al que se muestra en la ilustración 18, con una eficiencia teórica del 5% adicionando que su tamaño medio de poro filtrante es de 0,8 mm; es decir un tamiz fijo inclinado tipo bandeja, conforme a los criterios del RAS, para este tipo de filtros. Se sitúa después de la trampa de grasas para evitar que partículas de mayor tamaño ingresen a los equipos en procesos posteriores y generen algún tipo de daño que pueda afectar el proceso de tratamiento.

La remoción de contaminantes en este proceso unitario se muestra a continuación y cumple con las siguientes especificaciones:

Tabla 23. Porcentaje de remoción Tamiz Estático II

Parámetro	Kg/día	Remoción
------------------	---------------	-----------------

DQO	0,4	5%
DBO	0,2	5%
SST	0,3	9%
G&A	0,01	3%
As	0,0	0%
Hg	0,0	0%

Tabla 24. Especificaciones de diseño para el Tamiz Estático II

Tamaño de Poro mm	0,8
Longitud m	0,6
Ancho m	0,4
Grosor m	0,08

11.4 Tanque de igualación

El igualamiento consiste en amortiguar las variaciones de caudal para lograr un caudal aproximadamente constante; se usa principalmente en caudales de plantas industriales; mejora la tratabilidad del agua residual, minimiza cargas de choque sobre el tratamiento biológico, estabiliza el pH y mejora la eficiencia y por tanto, la calidad del efluente (Romero Rojas, 2010).

El tanque de igualamiento de caudal para la empresa 3PL contaría con una eficiencia total en remoción de contaminantes del 22%, este tanque se sitúa con el objeto de almacenar el agua residual para que en el momento de operar toda la planta, la misma funcione a caudal constante y se evite entre otros, uso inadecuado de insumos y operación innecesaria de equipos y mano de obra.

La remoción de contaminantes en este proceso unitario se muestra a continuación:

Tabla 25. Porcentaje de remoción del Tanque de Igualación

Parámetro	Kg/día	Remoción
DQO	2,0	27%
DBO	1,2	27%
SST	0,1	4%

G&A	0,03	19%
As	0,0	0%
Hg	0,0	0%

Para el cálculo del volumen adoptado en (m³) se toma como referencia lo especificado en el texto *Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y Principios de diseño*, 2010, donde el volumen se calcula mediante un diagrama de masas, en el cual el caudal afluente acumulado se grafica contra la hora del día, como se muestra en la tabla 10 y se grafica en la Ilustración 21.

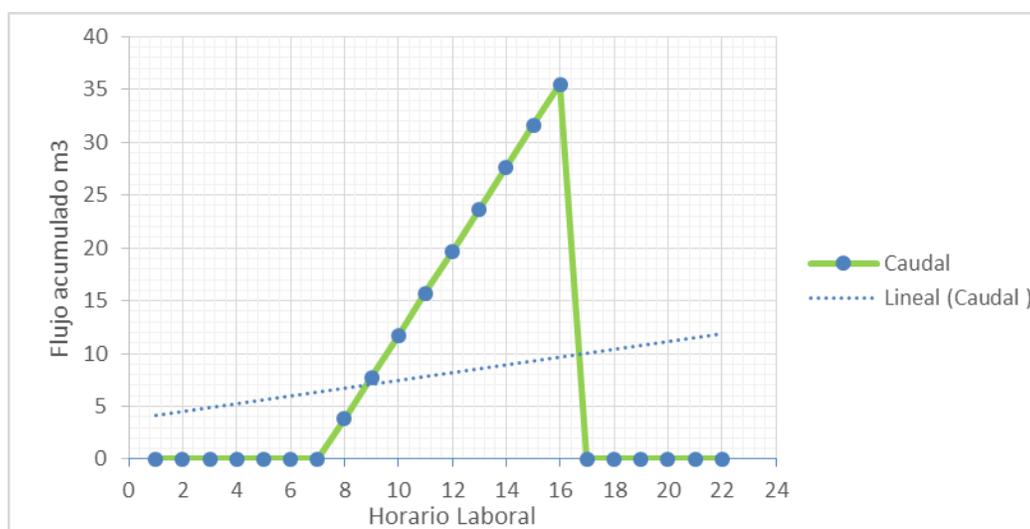


Ilustración 21. Diagrama de masas

Fuente: Autores

De acuerdo a lo anterior, este tanque cumpliría con las siguientes especificaciones:

Tabla 26. Especificaciones de diseño del Tanque de Igualación

TRH (h)	10
Volumen m³	6
Longitud m	2
Relación L/A	1:3
Ancho m	0,67
Área Longitudinal m²	1,33
Profundidad	4,50

11.5 Tratamiento Físicoquímico

Las aguas residuales son consideradas dispersiones debido a la gran cantidad de impurezas inherentes a su naturaleza, estas impurezas varían de tamaño en un amplio rango. La separación de gran parte de estas impurezas tiene lugar por sedimentación. Sin embargo debido a que estas son demasiado pequeñas para obtener un proceso de eliminación eficiente mediante esta operación, es preciso llevar a cabo la unión de estas partículas en agregados de mayor tamaño y más fácilmente decantables, con el fin de obtener una separación satisfactoria por sedimentación. Este proceso de formación de agregados recibe el nombre de coagulación-floculación (Aguilar, Saénz, Lloréns, Soler, & Ortuño, 2002).

El tratamiento físicoquímico es un tratamiento primario que contaría con un porcentaje de remoción de contaminantes del 25%. Este módulo de tratamiento está conformado por los procesos unitarios de coagulación, floculación y sedimentación, el cual remueve las siguientes cantidades por contaminante:

Tabla 27. Porcentaje de remoción Tratamiento Físicoquímico

Parámetro	Kg/día	Remoción
DQO	1,4	19%
DBO	0,9	19%
SST	1,5	51%
G&A	0,0423475	27%
As	0,0000009	87%
Hg	0,0002254	87%

En el sistema de tratamiento propuesto, el proceso físicoquímico debe cumplir con las siguientes características:

Tabla 28. Especificaciones de diseño del tratamiento fisicoquímico

TRH (h)	6,8
r (m)	2,75
h (m)	2
Volumen Cónico del Tanque m3	4,1
g (m/s2)	9,81

11.6 Filtro Multimedio

En el tratamiento de aguas residuales, la filtración es una operación utilizada para remover sólidos, material no sedimentable, turbiedad, fósforo, DBO, DQO, metales pesados; es decir para asegurar una calidad superior del efluente secundario. La filtración se puede usar para depurar dichos efluentes sin agregar coagulantes o con agregación de coagulantes, antes de la filtración o antes de la sedimentación, y para depurar aguas residuales crudas previamente coaguladas, floculadas y sedimentadas, en una planta de tratamiento físico-químico (Romero Rojas, 2010).

El filtro multimedio adecuado para la PTAR 3PL, constituye un tipo de filtración granular compuesto por 5 estratificaciones de mayor a menor diámetro de partículas como antracita, arena e ilmenita¹⁵, el cual constituye un filtro natural que opera por gravedad en todo el proceso de depuración. Representa el 16% de remoción de contaminantes, discriminados de la siguiente manera:

Tabla 29. Porcentaje de remoción Filtro Multimedio

Parámetro	Kg/día	Remoción
DQO	1,3	18%
DBO	0,8	18%
SST	0,4	13%
G&A	0,003	2%
As	0,0	0%
Hg	0,0	0%

¹⁵ Este mineral, compuesto por óxido de titanio y hierro (FeTiO₃), se forma originalmente en magmas, y más tarde, cuando la roca se descompone por la meteorización, se concentra en arenas de ríos y playas.

El filtro multimedio debe cumplir con las siguientes especificaciones:

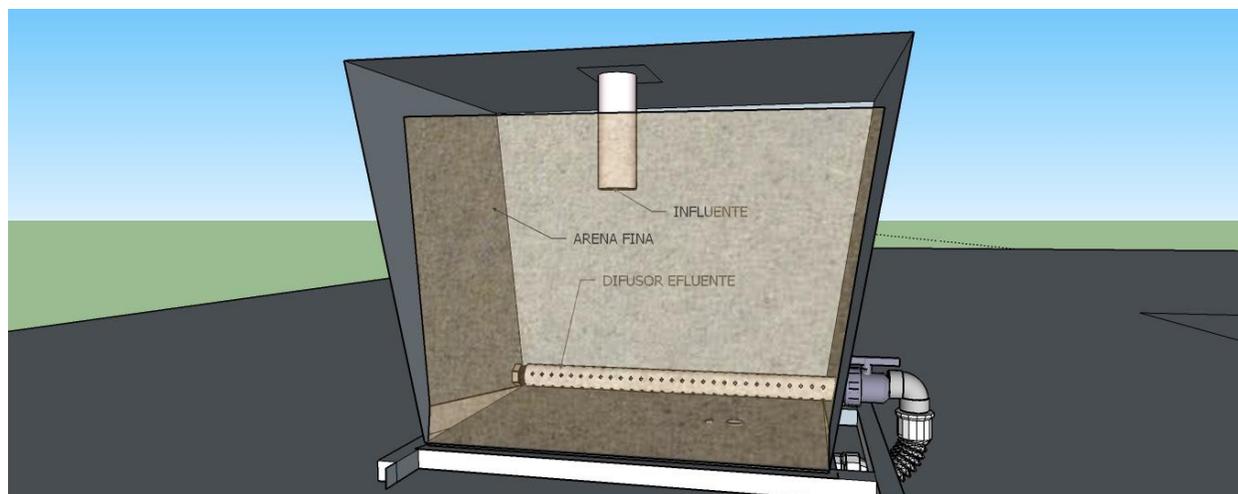


Ilustración 22. Filtro Multimedio

Fuente: Autores

Tabla 30. Especificaciones de diseño del Filtro Multimedio

TRH (h)	16		
Profundidad Total (m)	1,40	*(Especificaciones)	
Volumen (m3)	9,9		
Radio (m)	1,5		
Tasa de Filtración m/d	300		
Flujo Descendente			
* Material	* Profundidad cm	* Tamaño efec granulo mm	*Coeficiente de Uniformidad
Antracita	40	1,6	1,6
Antracita	20	1,1	1,6
Antracita	40	1,4	1,6
Arena	25	0,5	1,6
Ilmenita	10	0,3	1,6

11.7 Laguna de Cultivo con Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*)

Un sistema de tratamiento acuático es aquel en el cual se aplican aguas residuales sobre terrenos húmedos naturales o artificiales con el propósito de remover sus contaminantes. El uso de plantas acuáticas para tratamiento de aguas residuales tiene por objeto reducir en forma económica la concentración de contaminantes, que de otra manera, requieren tratamiento secundario o terciario (Romero Rojas, 2010).

El mismo autor sugiere que el tratamiento con jacintos, en fase activa de crecimiento, permite remover metales pesados, nutrientes, pesticidas y otros contaminantes orgánicos. La planta cosechada puede someterse a digestión anaerobia para producir metano; a compostaje para disposición en relleno sanitario; a incineración, o puede regarse y ararse para mejoramiento de suelo.

El humedal artificial propuesto para este sistema de tratamiento, es una laguna cultivada con Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), con una eficiencia de remoción teórica del 18% de la carga total contaminante para este sistema de tratamiento y específicamente como se ilustra a continuación:

Tabla 31. Porcentaje de remoción Tratamiento Biológico

Parámetro	Kg/día	Remoción
DQO	1,6	21%
DBO	1,0	21%
SST	0,2	7%
G&A	0,008	5%
As	0,000	11%
Hg	0,000	11%

Adicional a esto, la laguna debe contar con las siguientes especificaciones para garantizar su eficiencia:

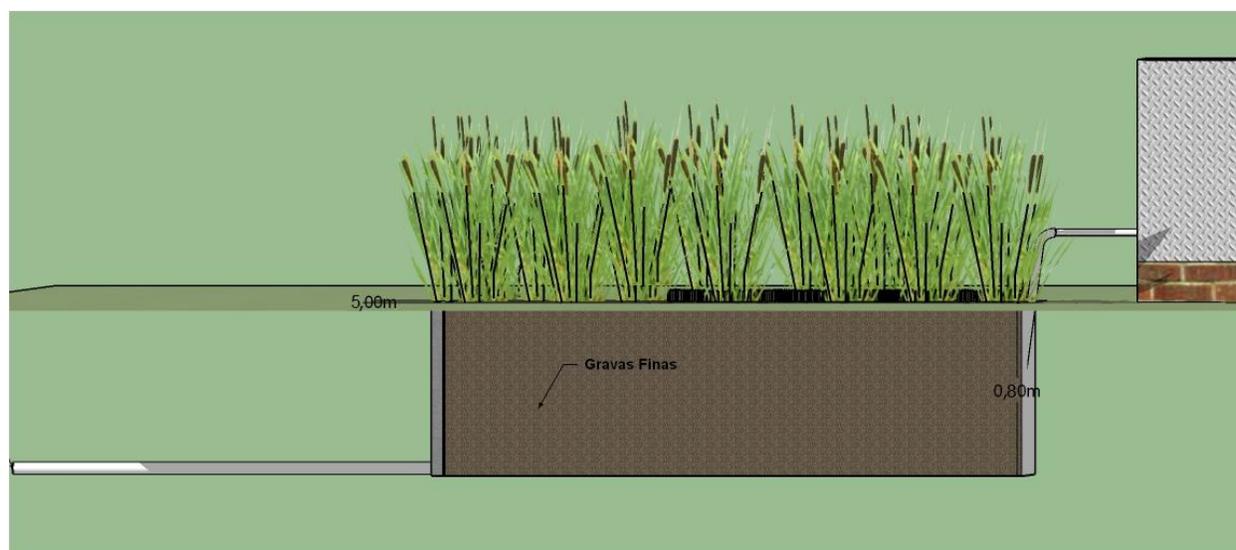


Ilustración 23. Laguna cultivada con Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*)

Fuente: Autores

Tabla 32. Especificaciones de diseño para el tratamiento Biológico

TRH (h)	167
Profundidad m	0,8
Ancho (m)	5
Longitud/ancho	5/1
Longitud	25
Área de la Laguna	125
Volumen (m³)	100

11.8 Filtración con Carbón Activado

En la actualidad está ampliamente implantado el empleo de carbón activo en diversos campos de la industria tales como la química, la farmacéutica, metalúrgica, entre otros y además, se está incrementando su uso en el tratamiento de aguas residuales, potables y en procesos industriales, ya que, el carbón activo, es la sustancia adsorbente por excelencia. Esta elevada capacidad de

adsorción de diversas sustancias, junto con la gran facilidad y rapidez de eliminación del medio tratado y la posibilidad de, una vez agotado, ser regenerado para su reutilización, permite un tratamiento eficaz y económico en múltiples aplicaciones, en muchas de las cuales es un producto insustituible (E.U Politecnica & Universidad de Sevilla, s/f).

El proceso unitario final de tratamiento es el filtro con carbón activado y arena sílica, este sistema de filtración natural, clarifica el agua por rebose; tiene una eficiencia total del 3% del total de carga contaminante, este porcentaje tan bajo se presenta debido a la remoción previa en; la remoción por contaminante se ilustra en la siguiente tabla:

Tabla 33. Porcentaje de remoción del Filtro de Carbón Activado

Parámetro	Kg/día	Remoción
DQO	0,2	3%
DBO	0,1	3%
SST	0,04	1%
G&A	0,01654092	10%
As	0,00000002	2%
Hg	0,00000554	2%

:

El filtro de carbón activado debe contar con las siguientes especificaciones:

Tabla 34. Especificaciones de diseño del Filtro de Carbón Activado

TRH (h)	16	
Profundidad Total (cm)	135,00	*(Especificaciones)
Profundidad adoptada (m)	1,40	
Volumen (m3)	9,9	
radio (m)	1,5	
Flujo Ascendente		
* Material	* Profundidad	* Tamaño efec granulo mm
ARENA SILICA	50	0,8
CA	15	2

CA	15	6
CA	15	12
CA	15	18
CA	25	25

12. EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES

En la tabla 35 se especifica la eficiencia de remoción de contaminantes luego de concluir el sistema de tratamiento. En ésta es posible observar que de acuerdo al valor final, se da el cumplimiento exigido por la normatividad legal vigente para cada uno de los parámetros establecidos.

Tabla 35. Eficiencia de remoción de contaminantes

Parámetro	Vertimiento 3PL	Valores según resolución 631 de 2015 (Aguas Superficiales)	Valores según resolución 631 de 2015 (Alcantarillado)	Valores post- tratamiento (mg/L)
DQO	12550	600	900	261,1
DBO5	7781	200	300	161,9
SST	5000	200	300	14,9
G&A	266	10	15	2,1
Arsénico	0,0018	0,1	0,1	0,000041
Mercurio	0,442	0,01	0,01	0,009998

13. UBICACIÓN PROPUESTA PARA ESTABLECER EL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Como se aprecia en la ilustración 24, hay un terreno destinado para el esparcimiento en los tiempos de descanso disponible para todos los trabajadores de la zona, muy próximo a la ubicación de la compañía. Éste terreno se identificó en el presente estudio mediante tres coordenadas en el (punto 1) 4. 69632, -74.15478, (punto 2) 44.69635, -74.15376, (punto 3) 4.69586, -74.15441, como se pueden apreciar en la ilustración 25.

Es un polígono con un área aproximada de 278 m², propiedad del Distrito Capital sin ejecución de obras de mejoramiento recientes, el cual cuenta con un área suficiente (ver tabla 18) para establecer la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales



Ilustración 24. Espacio disponible para posible ubicación de la PTARI

Fuente: Google Maps

De acuerdo con la ubicación propuesta en la presente investigación, se distingue tanto el área total del centro empresarial como el área que debería adquirir la compañía para la ubicación y puesta en marcha del sistema para tratar las aguas servidas; en este caso, los módulos de tratamiento deberían ser ajustados a la nueva forma del polígono propuesto, sin perder sus dimensiones.

Debido a la proximidad de la empresa con el Aeropuerto Internacional el Dorado, se debe tener en cuenta según lo establecido por el Departamento de Planeación Distrital, las restricciones en cuanto a uso del suelo en estas áreas, para garantizar la viabilidad de la construcción de la PTARI en este punto de la localidad de Fontibón.

Ubicación propuesta para la PTARI 3PL LOGISTICS SOLUTIONS

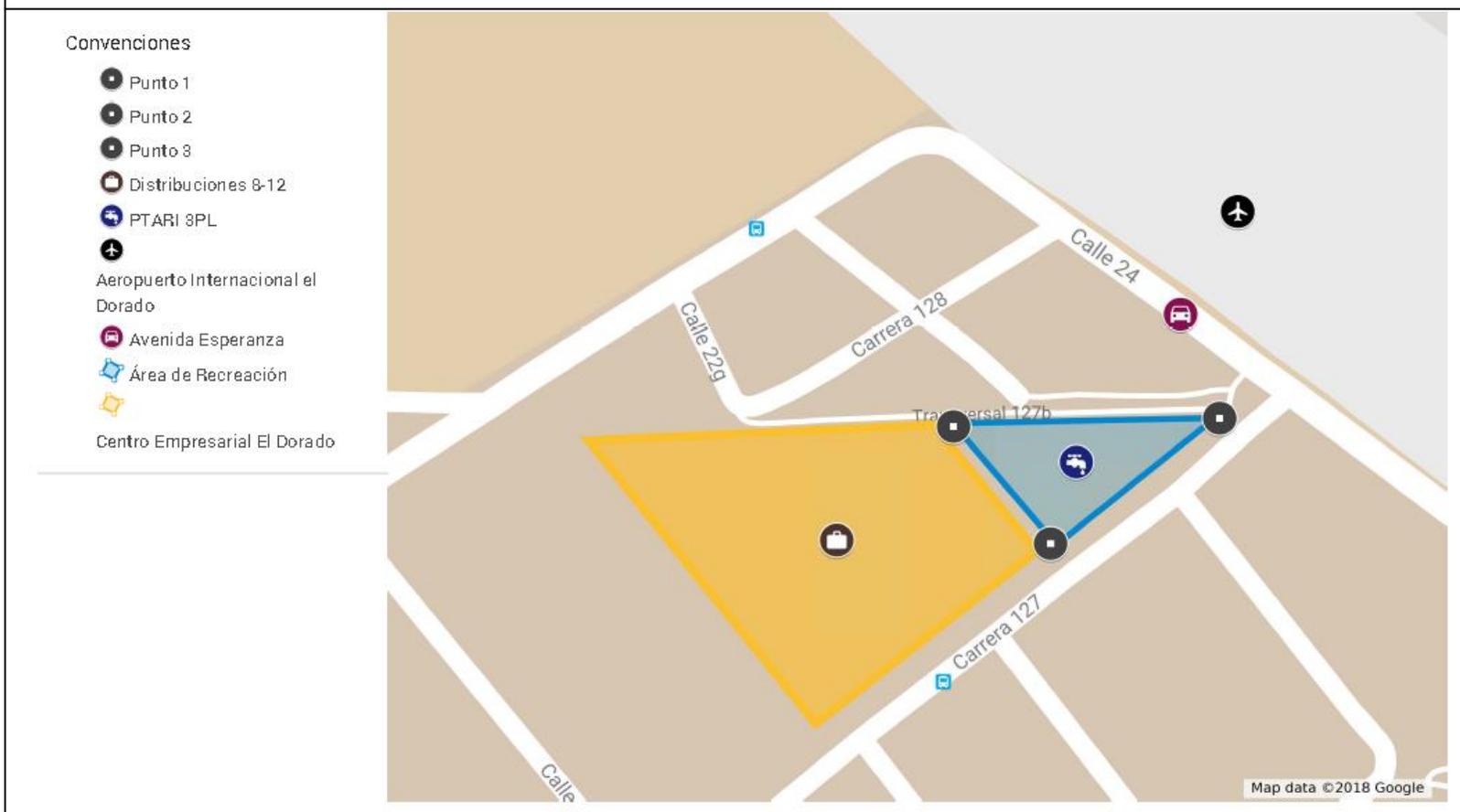


Ilustración 25. Ubicación propuesta la PTARI 3PL Logistics Solutions

Fuente: Autores

14. CONCLUSIONES

- El diagnóstico Ambiental de las ARI generadas durante el proceso de maquila de agroquímicos por parte de la empresa 3PL LOGISTICS SOLUTIONS, reveló que el vertimiento de sus aguas a la red de alcantarillado, no cumple con los parámetros establecidos por la resolución 631 del 2015, en donde sobresale el valor de DQO el cual excede lo establecido por la norma (900 mg/l) superando catorce veces lo contemplado en ella.
- El diseño hidráulico propuesto para el tratamiento de las ARI en 3PL LOGISTICS SOLUTIONS, tendría una eficiencia teórica del 98 % para la remoción de los contaminantes tóxicos inherentes a los agroquímicos maquilados, ya que, para la elaboración del diseño se tomaron los 6 parámetros más representativos contenidos en la norma (DQO, DBO, SST, G&A, Arsénico (As) y Mercurio (Hg)), garantizando la remoción paulatina de estos compuestos en los 8 módulos de tratamiento (preliminar, primario, secundario y avanzado), siendo el resultado de estas remociones: 32 % para Arsénico y Mercurio, 73 % para grasas y aceites, 49 % para Sólidos Suspendedos Totales y 81 % para DBO y DQO.
- De acuerdo al diseño teórico para el tratamiento de las ARI en 3PL LOGISTICS SOLUTIONS y teniendo en cuenta una carga diaria promedio de 15 kg de los principales contaminantes identificados, el área mínima necesaria para el establecimiento de la PTAR sería de 190,5 m².

15. RECOMENDACIONES

A continuación se presentan una serie de recomendaciones a seguir para los componentes del sistema de tratamiento de aguas residuales:

- Para mantener el Jacinto de agua en fase activa de crecimiento es necesario cosechar la planta frecuentemente. Además si existe acumulación de lodo, la laguna debe drenarse y limpiarse anualmente.
- Se debe evaluar la variabilidad de la carga hidráulica y de sólidos suspendidos para evitar carreras cortas de filtración y consumos excesivos de agua de lavado.
- La tasa de lavado debe ser suficiente para fluidizar los granos más gruesos de cada componente del lecho filtrante.
- Se recomienda instalar lavado superficial o un sistema de frotación con aire.
- Es preferible utilizar filtros que permitan la penetración de sólidos suspendidos, es decir, sistemas de filtración gruesa a fina, para obtener carreras de filtración razonables.
- Se debe evaluar el efecto de la recirculación del agua de lavado, a través de la planta, sobre la tasa de filtración y sobre la duración de la carrera de filtración

16. REFERENCIAS

- Agrovergel. (6 de Octubre de 2016). *El Vergel Agroquimicos*. Obtenido de <http://www.agrovergel.com/index.htm>
- Aguilar, M., Saénz, J., Lloréns, M., Soler, A., & Ortuño, J. (2002). *Tratamiento fisico-quimico de aguas residuales: Coagulación-Floculación*. Murcia, España: Universidad de Murcia, Servicio de publicaciones .
- Alfonso, F., & Toro, I. (2010). *Riesgo ambiental por el uso de agroquimicos*. Bogotá D.C.: UNIMINUTO.
- Amaya, V., Camacho , C., Meneses, & Roa , B. (2007). *Valoración de Factores de Riesgo asociados a los hábitos de manejo y exposición a organofosforados y carbamatos en habitantes y trabajadores de la vereda Bateas del municipio de Tibacuy, Cundinamarca, Colombia*. Bogotá D.C.: Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca.
- Arbós, L. C. (2012). *La producción: Relación entre productos y procesos*. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Arcila, D. C., & Porras, J. C. (2009). *Estrategias de recuperación del Río Fucha*. Recuperado el 17 de Abril de 2018
- Ávila, Á. A. (5 de febrero de 2018). *Noticias Caracol*. Obtenido de <https://noticias.caracol.com/colombia/aguas-residuales-y-uso-de-agroquimicos-tambien-estan-afectando-la-salud-del-lago-de-tota>
- Bahnemman, D., Bockelman, D., & Weichgrebe, F. (1994). *Proceedings of 7th Inter. Symp on solae Thermal conc. Thech*. Moscow, Russia.
- Biviana A. Llano, J. F. (2014). *Tratamiento Físicoquímico de las Aguas Residuales Generadas en el Proceso de Beneficio de Arcillas y Alternativas de Uso de los Lodos Generados en el Proceso*. Scielo.
- CAR. (2012). *Adecuación hidráulica y recuperación ambiental del Río Bogotá*. Bogotá D.C.: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- CARBOTECNIA. (9 de Mayo de 2017). *Carbón Activado para Líquidos*. Obtenido de <https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/que-es-el-carbon-activado/>
- Cerezo, R. G. (2015). *Estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos continentales: un análisis comparativo. Escalas y procesos*. Región de Murcia : Universidad de Murcia .
- Comisión Nacional del Agua. (9 de Mayo de 2017). *Manual de Agua potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Obtenido de <https://www.gob.mx/conagua>

- CONAGUA. (2015). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Mexico D.F.: Secretaria de Medio ambiente y Recursos Naturales.
- DANE. (2012). *Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades Económicas*. Bogotá D.C.: DIRPEN .
- DNP. (10 de Octubre de 2016). *Departamento Nacional de Planeación*. Obtenido de Desarrollo Empresarial en Colombia: <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Empresarial/agroquimicos.pdf>
- E.U Politecnica & Universidad de Sevilla. (s/f). *Manual del Carbon Activo*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- EAAB. (2008). *Gestión de la EAAB en los planes de saneamiento* . Recuperado el 17 de Abril de 2018
- ECOD. (25 de Abril de 2015). *Ecodesenvolvimiento*. Obtenido de <http://www.ecodesenvolvimiento.org/glossario-de-terminos/c/carga-poluidora>
- EPA . (2000). *National Management Measures for the Control of Nonpoint Pollution from Agriculture*. Washington, D.C.: Environmental Protection Agency.
- ESTRUCPLAN. (12 de Febrero de 2017). *Salud, seguridad y medio ambiente en la Industria*. Obtenido de <http://www.estrucplan.com.ar/Efluliq.htm>
- FAO. (10 de Octubre de 2016). *Departamento de desarrollo Sostenible*. Obtenido de Depósito de documentos de la FAO: <http://www.fao.org/docrep/w2598s/w2598s06.htm>
- Fink , A. (1998). *Fertilizantes y Fertilización*. Barcelona: Reverté S.A.
- Fishel, F. M. (2013). Pesticidas y Colinesterasa. *EDIS, University of Florida IFAS Extension* , 1-3.
- Garcés Giraldo, L. F. (2014). La fotocatalisis como alternativa para el tratamiento de Aguas Residuales . *Revista LA SALLISTA*, 84.
- García, P. L., Valiño, M. D., & García, J. M. (2015). *tratamientos avanzados de aguas residuales industriales*. Obtenido de https://www.madrimasd.org/uploads/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/VT2_Tratamientos_avanzados_de_aguas_residuales_industriales.pdf
- Gutiérrez Martínez, J. (2017). *OUTSOURCING: Aspectos relevantes para su correcta aplicación*. Ciudad de México: ISEF Empresa Líder.
- Hayes, W. (22 de enero de 2017). *Toxicology of pesticides*. Obtenido de <https://www.mendoza-conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/Carbamat.htm>

- ICA. (23 de Junio de 2012). *Instituto Colombiano Agropecuario*. Obtenido de Comercialización de fertilizantes y acondicionadores de suelo, 2012. Boletín Técnico. : www.ica.gov.co
- IDEAM . (20 de Octubre de 2010). *AGUA*. Obtenido de Índice de Alteración Potencial de la Calidad de Agua (IACAL): <http://www.ideam.gov.co/web/agua/iacal>
- IDEAM. (2007). *Instructivo para la toma de muestras de Aguas Residuales: Subdirección de hidrología* . Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IDEAM. (20 de Octubre de 2014). *AGUA*. Obtenido de Índice de Alteración Potencial de la Calidad de Agua (IACAL): <http://www.ideam.gov.co/web/agua/iacal>
- IDEAM. (2014). *Estudio Nacional del Agua*. Bogotá D.C.: Panamericana Formas e Impresos S.A.
- Instituto nacional de alergias y enfermedades, N. (10 de abril de 2017). *MedlinePlus*. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/anthrax.html>
- José Rincón, S. R. (2015). Producción de carbón activado mediante métodos físicos a partir de carbón de El Cerrejón y su aplicación en el tratamiento de aguas residuales provenientes de tintorerías. *Scielo*.
- Mohammad H, B., & Varela, S. (2008). Insecticidas Organofosforados: Efectos sobre la Salud Humana y el Ambiente . *Culcyt, Toxicología de Insecticidas*, 7-9.
- Muñoz. (2011). Aspectos bioéticos en el control y aplicación de plaguicidas en Chile. Acta Bioethica. *Recomendaciones Internacionales para las Estadísticas del Agua, Publicaciones de las naciones unidas*, 95-104.
- OAB. (2009). *Datos e indicadores para medir la calidad del ambiente en Bogotá*. Bogotá D.C: Observatorio ambiental de Bogotá.
- Ortega Jaimes, A. (6 de Octubre de 2016). *Conflictos Ambientales*. Obtenido de <http://conflictosambientales.blogspot.com.co/p/definicion-caracteristicas-generales-de.html>
- ORTUÑO, J. F., SOLER, A., LLORENS, M., SAEZ, J., & AGUILAR, M. (2002). *Tratamiento físico-químico de aguas residuales: coagulación-floculación*. Murcia, España: Universidad de Murcia, Servicio de publicaciones.
- Ramalho, R. S. (2003). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. Quebec, Canadá: REVERTÉ S.A.
- RAS. (Noviembre de 2000). *REGLAMENTO TÉCNICO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO*. Obtenido de TÍTULO E:

http://www.minvivienda.gov.co/Documents/ViceministerioAgua/010710_ras_titulo_e_pdf

- Remtavares. (13 de mayo de 2015). *Red Madrileña de Tratamientos Avanzados para Aguas Residuales con Contaminantes no Biodegradables*. Obtenido de Agroquímicos en el agua: <http://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2015/05/13/132266>
- Reyes , G., Chaparro Giraldo, A., & Ávila, K. (2010). Efecto Ambiental de agroquímicos y maquinaria agrícola en cultivos transgénicos y convencionales de algodón. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 151-162.
- Rocha Castro, E. (2011). *Ingeniería de Tratamiento y Acondicionamiento de Aguas: Estado de Chihuahua*. Ciudad de Juárez, Mexico: Universidad Autónoma de Chihuahua.
- Rojas, J. A. (2010). *TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, Teoría y principios de diseño*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Romero Rojas, J. A. (2010). *Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y Principios de diseño* . Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- S.L., I. W. (s.f.). Recuperado el 24 de abril de 2018
- Salcedo, A., Varona, M., & Gonzales , J. F. (2007). Plaguicidas en el Río Bogotá: Efecto en el pez capitán y en la población que lo consume. Bogotá D.C.: AL VERDE VIVO.
- Sánchez de Prager, M., & Uribe Pérez, S. (2013). *Agroquímicos envenenan los suelos en Colombia*. Bogotá D.C.: Unidad de Medios de Comunicación de la Universidad Nacional.
- Siapa. (febrero de 2014). *CRITERIOS Y LINEAMIENTOS TÉCNICOS PARA FACTIBILIDADES*. Obtenido de Alcantarillado Sanitario.: http://www.siapa.gob.mx/sites/default/files/capitulo_3._alcantarillado_sanitario.pdf
- Stellman , J. M., & Daum, S. M. (1986). *El trabajo es peligroso para la salud* . Mexico DF: Editores S.A.
- Tavares. (2015). *Agroquimicos en el Agua* . Madrid, España: Universidad Autónoma de Madrid.
- The Vetiever Network International. (2013). *The Vetiever System Organic "glue" to support sustainable development at all scales*. New Zealand.
- VETIVERCOL. (2016). *Tratamiento de Aguas Residuales y Rellenos Sanitarios con Tecnologia Vetiever*. Espinal, Tolima : Servicios y Consultorías ORG.

17. ANEXOS

Anexo 1. Clasificación de productos utilizados en la compañía 3PL

CLIENTE	PRODUCTO	INGREDIENTE ACTIVO	GRUPO QUÍMICO	CATEGORIA TOXICOLOGICA					TIPO DE PRODUCTO
				I:Extremadamente peligroso	II:Moderadamente peligroso	III:Poco peligroso	IV:Productos que normalmente no ofracen peligro	IB:Altamente peligroso	
Summitagro	ACTIVOL TABS®	Acido giberelico	Hormona vegetal			III			Regulador de crecimiento de plantas
Summitagro	BELLKUTE 40 WP	Iminoctadine	Guanadina			III			Fungicida
Summitagro	BORNEO 11 SC	Etoxazole	Feniloxazoline			II			Acaricida
Summitagro	CONFIRM®	Tebufenozide	Benzoilhidrazinas			III			Insecticida
Summitagro	EPINGLE® 10 EW	Pyriproxyfen	Pyridine-IGR			II			Insecticida
Summitagro	ETOFIN®10 SC	Ethaboxam	Thiazol Carboxamida			II			Fungicida
Summitagro	DANISARABA®	Cyflumetofen	Benzoylacetoniitrilo			III			Acaricida
Summitagro	FRUPICA® 40 SC	Mepanipyrim	Anilinopirimidinas			II			Fungicida
Summitagro	MERIT AMARILLO	Borato de Magnesio	N/A				La clasificación estándar no aplica		Fertilizante
Summitagro	MERIT AZUL	Borato de Magnesio	N/A				La clasificación estándar no aplica		Fertilizante
Summitagro	MERIT ROJO	Borato de Magnesio	N/A				La clasificación estándar no aplica		Fertilizante
Summitagro	MIMIC® 2 F	Tebufenozide	Benzoilhidrazinas			III			Insecticida
Summitagro	MONCUT® 20 SC	Flutolanil	Fenil benzamidas			IV			Fungicida
Summitagro	MILBEKNOCK® 1 EC	Milbemectin	Lactona Macroclíclica			II			Acaricida
Summitagro	MITECLEAN® 10 SC	Pyrimidifen	Avermectinas			II			Acaricida
Summitagro	LIMBER® 15 WP	Furametpyr	Carboxamida			III			Fungicida

Summitagro	OMI-88® 15 EC	Tolfenpyrad	Phenoxy-benzylamide	IB	Insecticida
Summitagro	OPORTUNE® 25 SC	Buprofezin	Triadiazina	II	Insecticida
Summitagro	PLEO® 50 EC	Pyridalyl	N/A	II	Insecticida
Summitagro	PASSAT® 450 SC	Cymoxanil, propamocarb	Acetamida	III	Fungicida
Summitagro	PULSOR® 2 SC	Thifluzamide	Thiazol Carboxamida	III	Fungicida
Summitagro	RANMAN® 400 SC	Cyazofamide	Sulfonamidas	II	Fungicida
Summitagro	RESCATE® 200 SP	Acetamiprid	Neonicotinoides	II	Insecticida
Summitagro	STARKLE® 20% SG	Dinotefuran	Neonicotinoides	IV	Insecticida
Summitagro	SIALEX® 50 SC	Procymidone al 50%	Dicarboximidas	II	Fungicida
Summitagro	SUMIROBIN® 20 SC	Metominostrobin	Estrobilurinas	II	Fungicida
Summitagro	SANYSTAR®	Iminoctadine	Guanadina	II	Fungicida
Summitagro	SAPROL® DC	Triforine	Piperazine	II	Fungicida
Summitagro	SUMI-8® 25 WP	Diniconazole	Triazol	III	Fungicida
Summitagro	TACHIGAREN® 30 SL	Hymexazol	Isoxazoles	III	Fungicida
Summitagro	TORIDE® 10 SC	Imazosulfuron	Sulfonilureas	II	Herbicida
Summitagro	TRIFMINE® 15 EC	Triflumizole	Imidazoles	II	Fungicida
Dacarsa	CARBAMULT® 25 WP	Deltametrina	Piretroide	III	Insecticida
Dacarsa	OROPIELINA® EC	Permetrina	Piretroide	III	Insecticida y Acaricida
Dacarsa	OROPEL PELLETS	Bromadiolona	Cumarina	I	Rodenticida
Dacarsa	PARCERO VET 2.5 EC	Deltametrina	Piretroide	II	Insecticida y Acaricida
Dacarsa	PARCERO MADERA	Deltametrina	Piretroide	III	Inmunizante Insecticida
Dacarsa	SAMBALAT® SC	Alfacipermetrina	Piretroide	III	Insecticida y Acaricida
Dacarsa	SAMBAMETRINA® SC	Alfacipermetrina	Piretroide	III	Insecticida y Acaricida
Dacarsa	TROPEL®	Alfacipermetrina	Piretroide	III	Insecticida y Acaricida

Carval	BI LARV 25 WP	Diflubenzuron	Benzoilurea	IV	Insecticida
Interoc	AMBOX®	Oxyfluorfen	Difhenyl ether	III	Herbicida
Interoc	ARPON®	Polyether polymethylsiloxane copolymer	N/A	III	Coadyuvante de uso agrícola
Interoc	BURIL®	Emamectin benzoato	Avermectinas	II	Insecticida
Interoc	GRUYA®	Thiamethoxam, lambda-cyhalothrin	Neonicotinoides, Piretroides	II	Insecticida
Interoc	KELANOVA NT CALCIO	Nitrogeno, Calcio, Carbono organico oxidable	N/A	La clasificación estándar no aplica	Fertilizante orgánico mineral
Interoc	KELANOVA NT COBRE	Cobre	N/A	La clasificación estándar no aplica	Fertilizante orgánico mineral
Interoc	KELANOVA NT MANGANESO	Manganeso	N/A	La clasificación estándar no aplica	Fertilizante orgánico mineral
Interoc	KEMPRO®	Carbendazim, propiconazole	Benzimidazol + Triazol	III	Fungicida
Interoc	NOVAPLANT ALGANOVA	Alganova	N/A	La clasificación estándar no aplica	Fertilizante orgánico
Interoc	NOVAPLANT FOSFORO	Fósforo	N/A	La clasificación estándar no aplica	Fertilizante
Interoc	PREDOSTAR®	Propamocarb Hydrochloride, metalaxil	Carbamato, Acilalanina	IV	Fungicida
Interoc	PROTON®	Isoprothiolane	Phosphorothiolate	II	Fungicida
Interoc	TOPGUN®	Azoxystrobin, tridemorph	Estrobilurinas + Morfolina	II	Fungicida
Anasac	ATONIT® 2,5 EC	Lambdacihalotrina	Piretroide	III	Insecticida
Anasac	HAWKER® 25 EC	Cipermetrina	Piretroide	III	Insecticida
Anasac	CYPERKILL® 25 EC	Cipermetrina	Piretroide	III	Insecticida
Anasac	LEPITRIN® 25 EC	Cipermetrina	Piretroide	II	Insecticida
Anasac	ANIKIL®	Cipermetrina	Piretroide	II	Herbicida
Anasac	RASTOP PELLETS®	Bromadiolona, Benzoato de Denatonio	Hidoxicumarinas	IV	Rodenticida
Anasac	SPEE® 3 EW	Butoxido de piperonilo, piretrinas	Piretroide	IV	Insecticida
Anasac	DRYQUAT®	Sales de Amonios	N/A	IV	Desinfectante

		cuaternarios			
Anasac	GOLPE 5 ME®	Lambdacihalotrina	Piretroide	II	Insecticida
Avgust	DUBLON GOLD® WG	Nicosulfuron, Thifensulfuron-methyl	Sulfonilureas	III	Herbicida
Avgust	NOMAD EC®	Propiconazol, Tebuconazol	Triazol	III	Fungicida
Avgust	TANREK®	Imidacloprid	Neonicotinoides	II	Insecticida
Avgust	ADALTO® SC	Clorotalonil	Cloronitrilo	II	Fungicida
Avgust	BOREY®	Imidacloprid, Lambda-cyhalothrin	Neonicotinoides, Piretroides	II	Insecticida
Avgust	BARSUK® FS	Imidacloprid	Neonicotinoides	II	Insecticida
Avgust	PRODYM® 240 EC	Clethodim	Ciclohexanodiona	II	Herbicida
Avgust	PYRESCAL® 400 SC	Pyrimethanil	Anilopirimidinas	III	Fungicida
Avgust	ARION® 50 SC	Hexaconazol	Triazol	II	Fungicida
Avgust	AVAL® 250 EC	Difenoconazol	Triazol	II	Fungicida
Avgust	MONACO® SC	Azoxystrobin	Estrobilurinas	II	Fungicida
Avgust	EVIL® 1.8 EC	Abamectina	Avermectinas	II	Insecticida, Acaricida
Avgust	VERSUS® 500 SC	Dimetomorph	Morfolina	III	Fungicida
Avgust	KEYZOL® EC	Tebuconazol	Triazol	II	Fungicida
Avgust	QUON® 250 EC	Tebuconazol	Triazol	II	Fungicida
Avgust	CAPTAN® 480 SC	Captan	Ftalimidas	III	Fungicida
Avgust	KYO® 250 EC	Propiconazol	Triazol	II	Fungicida
Avgust	KASUMEX® 20 SL	Kasugamicina	Antibiótico	III	Fungicida
Avgust	DIAFOP® 180 EC	Cyhalofop butil éster	Ariloxifenoxipropionato	III	Herbicida
Avgust	ELEMENT® 450 EC	Procloraz	Imidazoles	II	Fungicida
Talex	KLINGQUEL COBRE	Cobre	N/A	La clasificación estándar no aplica	Fertilizante líquido
Talex	KLINGQUEL HIERRO	Hierro	N/A	La clasificación estándar no aplica	Fertilizante líquido
Talex	KLINGQUEL BORO	Boro	N/A	La clasificación estándar no aplica	Fertilizante líquido

Fuente: Autores

Anexo 2. Informe de laboratorio de aguas residuales para los parámetros arsénico y mercurio proporcionado por el Instituto de Higiene Ambiental

INFORME DE LABORATORIO	PROCESO MISIONAL Código: OP-R-24 Versión: 06
-------------------------------	---

FECHA DE EMISIÓN: 11 de Abril de 2018

INFORME No: 90558

DATOS DEL CLIENTE			
Empresa:	DAHIANA CASTAÑEDA BUSTOS	Teléfono:	3148602017
Solicitante:	DAHIANA CASTAÑEDA BUSTOS	Ciudad:	FACATATIVA
Dirección:	CALLE 136 N° 94C-06 SUBA, VILLA ELISA	Departamento:	CUNDINAMARCA

DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha de muestreo:	22-mar-18	Muestreado por:	Cliente
Fecha de recepción:	23-mar-18	Tipo de muestreo:	Puntual
Fecha de análisis:	26-mar-18 a 06-abr-18	Hora de muestreo:	13:41
Sitio de muestreo:	VERTIMIENTO LINEA DE PRODUCCION 4	Ciudad:	N.R.
Clase de muestra:	AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA	Departamento:	N.R.
Empresa generadora:	N.R.	Coordenadas:	N.R.
Procedimiento de muestreo:	N.A.	Plan de Muestreo:	N.A.

PARAMETRO	UNIDADES	RESULTADO	METODO ANALITICO
ARSÉNICO	mg/L de As	<0,002	SM 3114 B
MERCURIO	mg/L de Hg	0,442	SM 3112 B

NOTA: El presente documento es válido únicamente si tiene el sello seco.

(SUB) Parámetro Subcontratado

** Parámetro medido en campo

N/R: No Reporta

OBSERVACIONES: ESTE RESULTADO CORRESPONDE ÚNICAMENTE A LA MUESTRA ENSAYADA LA CONTRAMUESTRA SE RETENDRA HASTA EL: 03 de Mayo de 2018	CONDICIONES AMBIENTALES		
	Temperatura °C	Humedad %	Presión Atm.
	20 ± 1	49 ± 5	560 mm Hg

VIVIANA ORTIZ
 Coordinadora de Laboratorio
 MP, PQ - 4495
 Revisó y Aprobó

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME SIN LA AUTORIZACIÓN EXPRESA DEL LABORATORIO

Acreditado ISO17025:2005. Resoluciones 1883:2015, 0286:2016, 1331:2017 y 1975:2017 del IDEAM

Parámetros acreditados en www.laboratoriosiha.com - www.ideam.gov.co

Anexo 3. Informe de laboratorio proporcionado por grupo Nutresa

INFORME DE LABORATORIO

FECHA DE EMISIÓN: 11 de Marzo de 2018

DATOS DEL CLIENTE

Empresa: 3PL Logistics Solutions
Solicitante: Dahiana Castañeda Bustos
Dirección: Calle 136 N° 94C-06

Teléfono: 3148602017
Ciudad: Bogotá DC.

DATOS DE LA MUESTRA

Sitio de muestreo: Línea de producción 1 y 3, Vertimiento General
Clase de muestra: Agua residual Industrial
Empresa Generadora: 3PL Logistics Solutions

Línea de Producción 1

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
DQO	mg/l O ₂	8408,5
DBO5	mg/l O ₂	5213,27
SST	mg/l	4550
G&A	mg/l	1250
Cloruros	mg/l	2499
ORP	mg/l	280,3
Arsénico	mg/l	<0,002
Mercurio	mg/l	0,442

Línea de Producción 3

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
DQO	mg/l O ₂	4141,5
DBO5	mg/l O ₂	2567,73
SST	mg/l	3710
G&A	mg/l	25,5
Cloruros	mg/l	1949
ORP	mg/l	25,5
Arsénico	mg/l	<0,002
Mercurio	mg/l	0,442

Vertimiento

PARÁMETRO	UNIDADES	RESULTADO
DQO	mg/l O2	12550
DBO5	mg/l O2	7781
SST	mg/l	5000
G&A	mg/l	266
Cloruros	mg/l	2500
ORP	mg/l	196
Arsénico	mg/l	<0,002
Mercurio	mg/l	0,442

ANDRÉS E. GONZÁLEZ
C.C. 1030542589

Andrés Eduardo González Castañeda
Ingeniero Químico
Especialista en Agua y Saneamiento Ambiental
CC. 1030542589
Tarjeta Profesional: 19917
Número de Contacto: 3167577432

Anexo 4. Instructivo para la toma de muestras de aguas residuales

4. PROCEDIMIENTO

Cuando vaya a realizar muestreo de calidad de aguas residuales siga las instrucciones

descritas a continuación:

4.1. Organice las botellas rotuladas, los reactivos, formatos e insumos para las unidades productivas que va a visitar.

4.2. Cuando llegue al punto de muestreo, identifíquese y solicite la colaboración necesaria para efectuar el muestreo y saque todo el material correspondiente al sitio. Diligencie el formato TF0188 de captura de datos con la información de ubicación temporo–espacial (nombre de la empresa, fecha, hora), observaciones de los contadores de agua y energía (si aplica), suministro de servicios, etc.

NOTA: Cuando el muestreo es realizado por la empresa o una entidad diferente de IDEAM NO se diligencia el formato TF0188 sino se acepta la remisión de muestras del cliente siempre que tenga toda la información básica requerida para la radicación de la muestra. Con ayuda del geoposicionador y del altímetro determine la latitud, longitud y altitud del sitio exacto de vertimiento y regístrelos en el formato de captura de datos, en el numeral correspondiente. Si la unidad productiva tiene más de dos puntos de vertimiento, deberá georreferenciar cada uno de ellos.

4.3. Escriba con letra legible y con esfero el nombre del responsable del muestreo

4.4. Calibre el pHmetro y conductímetro siguiendo los procedimientos descritos en los documentos TI0363 y TI0362, respectivamente. Diligencie los resultados de calibración de los equipos portátiles en el formato TF0020 disponible para cada equipo.

4.5. Mida el caudal del efluente preferiblemente por el método volumétrico manual, empleando el cronómetro y uno de los baldes aforados. Purgue el balde.

4.6. Coloque el balde bajo la descarga de tal manera que reciba todo el flujo; simultáneamente active el cronómetro. Tome un volumen de muestra entre 1 y 10 L, dependiendo de la velocidad de llenado, y mida el tiempo transcurrido desde el inicio hasta la finalización de la recolección de la descarga; siendo Q el caudal (en litros por segundo, L/s), V el volumen (en litros, L), y t el tiempo en, s), el caudal se calcula como $Q = V / t$, para ese instante de tiempo.

4.7. Repita el proceso cuantas veces sea necesario para obtener una muestra compuesta en el periodo de tiempo establecido.

4.8. Para cada alícuota recogida mida los sólidos sedimentables. Llene el cono Imhoff a la marca de 1 L con una muestra bien mezclada. Deje sedimentar durante 45 minutos, agitar suavemente la muestra cerca de las paredes del cono con un varilla o por agitación, dejar reposar durante 15 minutos, leer y registrar el volumen de sólidos sedimentables en el formato como mililitros por litro. Si el material sedimentado contiene bolsas de líquido contenido entre las partículas grandes sedimentadas, estimar el volumen de éstas y restarlo del volumen de sólidos sedimentables. El límite práctico inferior de medición depende de la composición de la muestra y generalmente se encuentra en el rango de 0,1 a 1,0 mL/L. Donde exista una separación entre el material sedimentable y el flotante, no estimar el material flotante como materia

sedimentable. Usualmente no se requiere de réplicas.

4.9. Mida los parametros de campo, Introduzca los electrodos del pHmetro y conductímetro. Oprima la tecla MODE. Espere a que los valores en las pantallas de los equipos se estabilicen (el valor deja de titilar). Oprima la tecla READ. Cuando se estabilice la medición, registre los datos de pH, temperatura y conductividad eléctrica en la pagina 4 del formato TF0188.

4.10. Lave los electrodos con abundante agua ya que los valores extremos que pueden presentar los efluentes industriales los deterioran mas rápidamente.

4.11. Componga una muestra desde 1 a 24 horas, según se haya establecido en el plan de muestreo.

4.12. Obtenga la muestra compuesta mezclando en un balde con llave los volúmenes de cada porción necesarios.

4.13. Una vez mezclados los volúmenes, homogenice el contenido del balde por agitación con un tubo plástico limpio y proceda al llenado de los recipientes.

4.14. Registre en el formato de captura de datos en campo todas las observaciones a que haya lugar durante el muestreo y la integración de la muestra.

4.15. Etiquete las botellas antes del llenado. Los rótulos cuentan con la información de los analitos y la preservación respectiva. Diligencie el nombre de la empresa o punto de vertimiento, fecha y responsable del muestreo.

4.16. Cubra el rotulo con una cinta adhesiva transparente para evitar su deterioro.

4.17. Tan pronto se ejecuta el muestreo, purgue todas las botellas con muestra y proceda a llenarlas, mientras homogeniza el contenido del balde por agitación constante con el tubo plástico (NO agite directamente con la mano ni por rotación del balde).

4.18. Evite la inclusión de objetos flotantes y/o sumergidos. Extraiga la muestra del balde a través de la llave, nunca sumerja las botellas.

4.19. Tome la muestra para análisis de coliformes, aceites y grasas (cuando aplique) ubicando directamente la botella bajo el flujo del efluente, hasta completar el volumen necesario sin dejarla rebosar. Si se trata de un canal abierto, sumerja la botella y sáquela rápidamente, sin dejarla rebosar. Si es evidente una capa de grasa flotante, deje constancia de tal situación en el formato de captura de datos.

4.20. Tome la muestra para análisis de sulfuros adicionando a la botella purgada el preservante (acetato de Zinc) y después de llenarla hasta cerca de la boca del recipiente, adicione el NaOH a $\text{pH} > 13$ y continúe hasta llenado total sin dejar espacio de cabeza entre el nivel de líquido y la tapa.

4.21. Preserve las muestras dependiendo del parámetro a analizar. Use un frasco gotero y añada cerca de $1 \text{ mL} = 20$ gotas del preservante adecuado por cada 500 mL de muestra.

4.22. NOTA: en caso de muestras de lixiviados agregue el preservante a las botellas antes de llenarlas con muestra.

4.23. Tape cada botella y agítela.

4.24. Coloque las botellas dentro de la nevera y agregue hielo suficiente para refrigerar.

4.25. Enjuague con agua destilada los baldes y todos los elementos utilizados en el muestreo.

4.26. Coloque las botellas de un mismo sitio de muestreo dentro de la nevera en posición vertical y agregue hielo suficiente para refrigerar.

4.27. Termine de diligenciar el formato TF0188 y envíelo junto con las muestras al laboratorio, preferiblemente el mismo día del muestreo.

