DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICA PORTABLE Y COMPACTA PARA UNA POBLACIÓN NO MAYOR A 50 HABITANTES.

Franklin Rafael Luque Di Ruggiero

Código 1020979

Cristhian Camilo Torres Guevara

Código 1111427

Director:

Dr. Rafael Alberto Fonseca Correa

Químico

Doctor en Ciencias Químicas

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL

BOGOTA D.C.

2020

NOTA DE ACEPTACIÓN

Una vez realizada la revisión metodológica y técnica del documento final de proyecto de grado, doy constancia de que el (los) estudiante (s) ha cumplido a cabalidad con los objetivos propuestos, cumple a cabalidad con los Lineamientos de Opción de Grado vigentes del programa de Ingeniería Civil y con las leyes de derechos de autor de la República de Colombia, por tanto, se encuentra(n) preparado(s) para la defensa del mismo ante un jurado evaluador que considere idóneo el Comité de Investigaciones del Programa de Ingeniería Civil de la Universidad Piloto de Colombia.

Dr. Rafael Alberto Fonseca Correa

Director del Proyecto

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado _____

Firma del jurado_____

Bogotá D.C., 11 de Junio de 2020

Dedicatoria

Este trabajo es dedicado a nuestros padres quienes nos han brindándonos su apoyo y orientación incondicional para salir adelante como personas y como profesionales.

*"**Isaías 41:10,13** No temas, porque yo estoy contigo; no desmayes, porque yo soy tu Dios que te esfuerzo; siempre te ayudaré, siempre te sustentaré con la diestra de mi justicia… Porque yo Jehová soy tu Dios, quien te sostiene de tu mano derecha, y te dice: No temas, yo te ayudo".*

Dedico principalmente a Dios y la virgen maría por conceder alcanzar esta meta en mi vida profesional; otorgándome la generación sin límite de sabiduría para la planificación, elaboración y socialización de un proyecto que sin duda se acoge como alternativa para una problemática social actual en nuestro país, entregando un diseño de una planta para el tratamiento de agua residual doméstica, ajustado a poblaciones que carecen de un sistema de alcantarillado y que podrían adoptar la recirculación del efluente. Por su puesto a mi familia, pareja y amigos que me motivaron a perseguir el sueño de contar con una profesión destacada y que se articula con mis anteriores titulaciones profesionales.

Agradecimientos

Primero queremos darle gracias a Dios y a la vida por darnos la oportunidad de culminar esta etapa como Ingenieros Civiles. Posteriormente a nuestra familia, que con sus recursos y esfuerzos hicieron posible este importante logro.

Agradeciendo a la Universidad Piloto de Colombia, directivos, profesores y demás colaboradores por interceder en este proyecto de grado.

También queremos agradecer a nuestro director el Dr. Rafael Alberto Fonseca Correa por su acompañamiento en este proceso.

Finalmente agradecer a todas las empresas que nos facilitaron con sus conocimientos en áreas específicas para hacer de esto una realidad.

CONTENIDO

1. RESUMEN 13

2. ABSTRACT 15

3. INTRODUCCION 18

4. PROBLEMA 19

4.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA. 19

4.2. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO. 20

4.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN. 21

4.3.1. Objetivo General 21

4.3.2. Objetivos Específicos 21

4.4. DELIMITACIÓN 22

5. MARCO DE REFERENCIA 23

5.1. MARCO LEGAL 23

5.2. MARCO TEORICO 26

6. DISEÑO METODOLOGICO 33

6.1. HIPOTESIS 33

6.2. VARIABLES 33

6.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN 34

6.4. METODOLOGIA 34

7. ETAPA DE DISEÑO 35

7.1. PRINCIPIOS DE DISEÑO 35

7.2. PRUEBAS FISICOQUÍMICAS 38

7.2.1. Temperatura 38

7.2.2. Oxígeno disuelto *39*

7.2.3. Conductividad *40*

7.2.4. pH *41*

7.3. CÁLCULO DE LA POBLACIÓN 42

7.3.1. Caudal doméstico *42*

7.3.2. Caudal de diseño *43*

7.3.3. Caudal punta *43*

7.3.4. Caudal mínimo *43*

7.4. TIPOS DE TRATAMIENTO 44

7.5. PROCEDIMIENTOS UTILIZADOS EN EL PROTOTIPO 44

7.5.1. Cribado *44*

7.5.2. Trampa de grasa *45*

7.5.2.1. Volumen de trampa de grasas 45

7.5.2.2. Área de trampa de grasas 46

7.5.2.3. Dimensiones de trampa de grasas 46

7.5.2.4. Ubicación bafle 46

7.5.2.5. Altura bafle 46

7.5.2.6. Espacio entre bafle y fondo 47

7.5.2.7. Ubicación tubería 47

7.5.2.8. Altura de la tubería de entrada 47

7.5.2.9. Caída de la tubería e ingreso a la salida 47

7.5.3. Tanque de homogenización *48*

7.5.3.1. Volumen del tanque de homogenización 49

7.5.3.2. Área del tanque 49

7.5.3.3. Radio del tanque 49

7.5.4. Tanque ecualizador *50*

7.5.4.1. Volumen del tanque 51

7.5.4.2. Área del tanque 51

7.5.4.3. Radio del tanque ecualizador 51

7.5.5. Oxigenación 52

7.6. DISEÑO DE LA DECANTACIÓN LAMELAR 54

7.6.3. Condiciones relevantes para cálculo de lamelas 54

7.6.4. Longitud mínima de las lamelas: 55

7.6.5. Tiempo de operación 56

7.6.5.2. Parámetros iniciales 56

7.6.5.3. Longitud mínima de las lamelas: 57

7.6.5.4. Tiempo de operación 57

7.6.5.5. Relaciones elementales 57

7.6.5.6. Área proyectada 58

7.7. DISEÑO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO 59

7.7.3. Carga 60

7.7.4. Módulo fotovoltaico 61

7.7.4.2. Energía generada por un panel 62

7.7.4.3. Consumo real de carga 62

7.7.4.4. Corriente máxima 62

7.7.4.5. Necesidades del usuario 63

7.7.4.6. Coeficientes de pérdidas 63

7.7.4.7. Coeficiente de auto descarga (Ka) 64

7.7.4.8. Coeficiente de pérdidas por rendimiento del acumulador (Kb) 64

7.7.4.9. Coeficiente de pérdidas en el convertidos (Kc) 64

7.7.4.10. Coeficiente de pérdidas varias (Kv) 64

7.7.4.11. Profundidad de descarga 65

7.7.4.12. Número de días de autonomía de la instalación 65

7.7.4.13. Demanda de energía 65

7.7.4.14. Energía Celda fotovoltaica 66

7.7.4.15. Número de paneles 66

7.7.4.16. Número de paneles por uso 66

7.7.5. Regulador *67*

7.7.6. Inversor *68*

7.7.7. Batería *69*

7.7.7.2. Corriente real de la batería 70

7.7.7.3. Capacidad de las baterías 70

7.7.7.4. Corriente almacenable 70

7.7.7.5. Corriente de la batería 71

7.7.7.6. Descarga diaria 71

7.7.7.7. Descarga diaria 71

7.9. FILTRO DE CARBÓN ACTIVADO 72

7.10. DOSIFICACIÓN DE QUÍMICOS 73

7.10.1. Tablero de control *73*

7.10.2. Bomba dosificadora *74*

7.10.2.1. Diseño del sistema de dosificación ASPRE e Hidroxicloruro de aluminio 76

8. RESULTADOS ESPERADOS. 79

9. CONCLUSIONES 86

10. RECOMENDACIONES 87

11. BIBLIOGRAFÍA 89

12. ANEXOS 95

12.1. ASPRE 95

12.2. HIDROXICLORURO DE ALUMINIO 99

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1.....34

FIGURA 2.....35

FIGURA 3.....36

FIGURA 4......36

FIGURA 5......37

FIGURA 6......38

FIGURA 7......39

FIGURA 8......40

FIGURA 9......41

FIGURA 10......44

FIGURA 11......45

FIGURA 12......48

FIGURA 13......50

FIGURA 14......52

FIGURA 15......53

FIGURA 16.....55

FIGURA 17......56

FIGURA 18.....61

FIGURA 19.....67

FIGURA 20.....68

FIGURA 21.....69

FIGURA 22......72

FIGURA 23......73

FIGURA 24......74

FIGURA 25......75

FIGURA 26......77

FIGURA 27......79

FIGURA 28......81

FIGURA 29......83

FIGURA 30......84

FIGURA 31......85

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. 18

TABLA 2. 25

TABLA 3. 60

TABLA 4. 80

TABLA 5. 81

TABLA 6. 82

1. RESUMEN

En Colombia debido a los extensos periodos de conflictos armados, muchas poblaciones no cuentan con acceso a varios servicios públicos entre ellos el servicio de agua potable, alcantarillado y mucho menos a tratamiento de vertimientos, que son indispensables para mejorar su calidad de vida. Esto afecta en gran medida al ecosistema, ya que la naturaleza por ella misma no puede asimilar los contaminantes presentes por los efectos antropogénicos. (Fair, Geyer, & Okun, 1999)

Por lo anterior, se decide realizar este trabajo de grado, con el fin de reducir los impactos antropogénicos producidos por poblaciones pequeñas (máximo 50 habitantes), debido a que estos vertimientos pueden afectar la calidad del agua superficial y la salubridad de sus habitantes.

La idea con este proyecto de grado es diseñar un prototipo compacto y portable de fácil instalación que funcione con poblaciones que no tengan un número mayor a 50 habitantes; el sistema debe buscar ser:

- Económicamente asequible o factible.
- Autosostenible.
- Compacto y Portable.
- Funcional.

El diseño de este prototipo tiene como fin darles a los clientes las soluciones pertinentes que puedan usar fácilmente y que sean económicamente asequible además de energéticamente sostenibles.

Se tomó una muestra de agua en la ciudad de Bogotá, en el conjunto residencial Rincón de Techo I, para poder realizar una simulación de una carga orgánica producida por aproximadamente 50 personas. Con ayuda de dos sensores que se utilizan para medir parámetros importantes para la caracterización fisicoquímica del agua como los son pH, Temperatura, Oxígeno disuelto y Conductividad eléctrica.

También se procede a la utilización del ensayo test de jarras en el cual se añaden dos químicos que son floculantes (Hidroxicloruro de aluminio) y un polímero catiónico (ASPRE) y mediante cuatro (4) muestras del agua recolectada se procede a escoger la reacción más favorable determinando los químicos añadidos en las diferentes muestras.

Teniendo en cuenta que la población en este proyecto de grado se estimó de 50 personas y que el prototipo sólo va a tratar agua residual doméstica, se realiza un cálculo para hallar el caudal de diseño teniendo en cuenta la estimación de las horas en las cuales las personas tienen un mayor vertimiento de residuos debido a sus diferentes actividades. Con el caudal de diseño se procede a realizar los cálculos necesarios para el diseño de la PTAR compacta.

Como la finalidad del proyecto es que este prototipo pueda ser utilizado en zonas de difícil acceso y muy probablemente con escasez de servicios públicos, va a contar con un sistema fotovoltaicos con el cual va a tener autonomía energética para su funcionamiento.

Un aspecto importante de resaltar es que este proyecto se desarrolló en un 80 % en el periodo de contingencia de la cuarentena por el COVID-19, obligando al equipo de trabajo a ser innovador y recursivo en el desarrollo del mismo.

2. ABSTRACT

In Colombia, due to long periods of armed conflict, many populations do not have access to various services, including drinking water, sewerage and much less to treatment of discharges, which are indispensable for improving their quality of life. This greatly affects the ecosystem, since nature itself cannot assimilate the contaminants present due to anthropogenic effects. (Fair, Geyer, & Okun, 1999)

That is why it was decided to carry out this work to a degree, in order to reduce the anthropogenic impacts produced by small populations (maximum 50 inhabitants), because these discharges can affect both the health of the inhabitants and the populations downstream, with respect to water quality.

The idea with this degree project is to design a compact and portable prototype of easy installation that works with populations that do not have a number greater than 50 inhabitants, the system should seek to be

- Affordable or feasible.
- Self-sustainable.
- Compact and Portable.
- Functional.

The design of this prototype aims to give customers relevant solutions that can be easily used, that is economically affordable as well as energy sustainable.

A water sample was taken in the city of Bogotá, in the residential complex Rincón de techo I, in order to simulate an organic load produced by approximately 50 people. With the help of two sensors that are used to measure important parameters for the physicochemical characterization of the water such as pH, temperature, dissolved oxygen, total solids, electrical conductivity.

The jug test is also used, in which two chemicals are added, which are flocculants (Aluminum Hydroxychloride) and a cationic polymer (ASPRE). By means of four (4) samples of the collected water, the most favorable reaction is chosen, determining the chemicals added in the different samples.

Taking into account that the population in this degree project was estimated to be 50 people and that the prototype will only treat domestic wastewater, a calculation is made to find the design flow taking into account the estimate of the hours in which people have a greater discharge of waste due to their different activities. With the design flow, the necessary calculations are made for the design of the compact PTAR.

As the purpose of the project is that this prototype can be used in areas of difficult access and very probably with a shortage of public services, it will have a photovoltaic system with which it will have energy autonomy for its operation.

An important aspect to emphasize is that this project was developed in 80% in the contingency period of the quarantine by the COVID-19, forcing the team to be innovative and resourceful in the development of it.

3. INTRODUCCION

El producto de esta investigación es buscar una posible solución a la problemática que puede sufrir una población alrededor del territorio nacional que no cuentan con servicio de agua potable, alcantarillado y mucho menos de tratamiento de aguas negras. Con una calidad de vida precaria, muy alejada de poder implementar un sistema que le permita obtener un servicio que pueda mejorar su calidad de vida, teniendo en cuenta los requerimientos de vertimientos establecidos por el ministerio de ambiente por medio de la resolución 631 del 2015 (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Dentro de las limitaciones del trabajo se encuentran:

- Por medio de la investigación descriptiva, la cual examina las características del tema a investigar, para poder definirlo y lograr formular un posible diseño para la solución del problema, dando recomendaciones para su construcción de un diseño experimental para tratar los vertimientos generados por máximo de 50 habitantes.
- Cambia el diseño debido a que dependiendo de la altura a la que se encuentre la población su consumo de agua es diferente. (Tabla 1).

Tabla 1.

Conversión de unidades del rango de consumo básico por habitante.

	Consumo básico (m^3/suscriptor/mes)			
	01 de mayo de 2016	01 de enero de 2017	01 de julio de 2017	01 de enero de 2018
Ciudades y municipios con altitud promedio por encima de 2000 msnm	17	15	13	11
Ciudades y municipios con altitud promedio entre 1000 y 2000 msnm	18	16	14	13
Ciudades y municipios con altitud promedio por debajo de 1000 msnm	19	18	17	16

Nota: Tomado del Articulo 4 de la Resolución CRA 750 de 2016 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2016, pág. 4)

4. PROBLEMA

4.1.Formulación del Problema.

A lo largo del crecimiento poblacional y de la industrialización del país, se han evidenciado problemáticas de salubridad debido a la mala calidad del agua. Todo esto, por la falencia de sistemas de tratamiento para vertimientos industriales y domésticos que generan contaminación, dado que los ecosistemas naturales no alcanzan a generar un tratamiento previo de la captación del cauce como fuente de abastecimiento. El agua potable hoy en día es un privilegio, al que muy pocas personas tienen acceso, cuidarla es un compromiso con todas las especies con las que compartimos este planeta. Es por esto que se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Por qué es importante implementar una planta de tratamiento de agua residual domestica con el fin de recircular el agua tratada?

Es por esto, que se ve la necesidad de diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales doméstica portable y compacta. Por medio de la implementación de tecnología de fácil uso y acceso, se propone diseñar una planta de tratamiento de aguas residuales con el fin de reducir el impacto ambiental generado por una pequeña población, con el fin de mitigar los impactos ambientales antropogénicos.

4.2.Justificación del Estudio.

Actualmente los sistemas utilizados en el tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales no son tan eficientes y económicos, dado que la sociedad ha tenido que pagar por el tratamiento de sus vertimientos a empresas que cuentan con sistemas ineficientes, muchas veces por que han excedido su capacidad de diseño y otras debido al incorrecto uso de tecnologías, provocando un alza en los costos derivados del tratamiento y un vertimiento final que no cumple con los parámetros fisicoquímicos mínimos, aumentando de esta manera la huella antropogénica producida por el ser humano. (Fair, Geyer, & Okun, 1999)

Es realmente importante que los seres humanos se den cuenta de los efectos antropogénicos que genera al medio ambiente, esto se puede reducir mediante varias acciones que conscientemente deben ser realizadas día a día. Entre ellas pueden estar:

- Consumo racional del agua.
- Reciclaje y división de desechos.

Debido a esto se requiere buscar la selección de alternativas de tratamiento para la formulación de un sistema compacto y portable capaz de reducir los residuos antropogénicos presentes en los vertimientos.

4.3.Objetivos de la Investigación.

4.3.1. Objetivo General

- Diseñar una planta de tratamiento de agua residuales domestica compacta y portable para una población no mayor a 50 personas.

4.3.2. Objetivos Específicos

- Conocer la conceptualización normativa referente a vertimientos, especificaciones técnicas o alternativas de tratamiento.
- Analizar los parámetros fisicoquímicos iniciales del agua residual para determinar el diseño propuesto para la PTAR.
- Conocer la conceptualización normativa referente a la implementación de un sistema fotovoltaico para que el prototipo sea autosustentable energéticamente.
- Realizar recomendaciones referentes al proceso constructivo del sistema de tratamiento que garantice un óptimo funcionamiento.

4.4.Delimitación

El diseño de una planta compacta y portable acoge un sin números de parámetros que encienden la imaginación de cualquier espectador sobre el producto final. Sin embargo en un acto de prudencia y en aras de propiciar un diseño óptimo para satisfacer la idea principal de este proyecto, se adoptan fronteras sobre los entregables del mismo, siendo un diseño basado en cálculos por cada una de las etapas que conformarían el proceso de tratamiento, pruebas de laboratorio para la formulación de la dosificación de químicos que complementan el tratamiento, trazado de planos que sugieren únicamente el esquema representativo y de configuración de la planta, a su vez se formularán unas sugerencias de los materiales posibles a emplear para el proceso constructivo como base del proceso de investigación encadenado a cada una de las etapas del proyecto.

Se resalta que, como medida por la situación actual de emergencia, provocado por el COVID-19, únicamente se podrán realizar pruebas de laboratorio que pudiesen estar al alcance de los investigadores y que hacen parte de un conjunto de parámetros fisicoquímicos según normativa de la resolución 631 de 2015. Podemos delimitar:

- El diseño del presente trabajo de investigación se realizará para poder tratar a una población no mayor a 50 habitantes.
- El alcance de esta investigación se basa en presentar un diseño y una serie de recomendaciones para su construcción.

5. MARCO DE REFERENCIA

5.1.MARCO LEGAL

En referencia con el objeto del presente proyecto, este deberá estar soportado en materia de la normatividad vigente aplicable para el mismo, de igual forma el ámbito donde está orientado el diseño de una planta de tratamiento de agua residual doméstica, es para una población no mayor a 50 habitantes, como parte de una posible solución a una problemática social y de salubridad que actuante reside sobre nuestro país. Para ello serán parte integral para la ejecución del proyecto las siguientes resoluciones:

- Res. 0631 de 2015 (Por el cual se establecen los parámetros y 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).
- Res. CRA 750 de 2016 (Por el cual se modifica el rango de consumo básico). (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2016).

La resolución expedida por la comisión de regularización de agua potable y saneamiento básico buscó normalizar el rango de consumo básico de agua potable por suscriptor y que según el departamento de planeación se denomina familia como la "*conformación de 4 miembros*", para ello se adoptan las medidas tomadas por el gobierno como se muestra en la tabla 1.

Basados en la información suministrada por el gobierno y pro de entregar una facilidad para los cálculos consecuentes para establecer el caudal de diseño que tiene como objetivo tratar el agua residual de una población no mayor a 50 habitantes, se realizó una conversión de unidades como se muestra en tabla 1.

El tratamiento de agua objeto del presente proyecto esta únicamente orientado a las aguas residuales domesticas-ARD y que normativamente está definido como “las procedentes de los hogares, así como de las instalaciones en las cuales se desarrollan actividades industriales, comerciales o de servicios y que correspondan a”:

- Descargas de los retretes y servicios sanitarios.
- Descargas de los sistemas de aseo personal (duchas y lavamanos), de las áreas de cocinas y cocinetas, de las pocetas de lavado de elementos de aseo y lavado de paredes y pisos y del lavado de ropa (no se incluyes las de los servicios de lavandería industrial).

La resolución expedida por el ministerio de ambiente y desarrollo sostenible estableció los parámetros y valores máximos límites permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos superficiales, entregando un lineamiento como se muestra en la tabla 2, para los resultados del vertimiento como valores mínimos esperados sobre el diseño de la planta.

Tabla 2.

"Parámetros fisicoquímicos y sus valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales de aguas *residuales domésticas"*.

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS (ARD) DE LAS SOLUCIONES INDIVIDUALES DE SANEAMIENTO DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES O BIFAMILIARES	AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS (ARD), Y DE LAS AGUAS RESIDUALES (ARD – ARnD) DE LOS PRESTADORES DEL SERVICIO PÚBLICO DE ALCANTARILLADO A CUERPOS DE AGUAS SUPERFICIALES, CON UNA CARGA MENOR O IGUAL A 625,00 kg/DÍA DBO5
Generales			
pH	Unidades de pH	6,00 a 9,00	6,00 a 9,00
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O2	200,00	180,00
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L O2		90,00
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	100,00	90,00
Sólidos Sedimentables (SSED)	mL/L	5,00	5,00
Grasas y Aceites	mg/L	20,00	20,00
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L		Análisis y Reporte
Hidrocarburos			
Hidrocarburos Totales (HTP)	mg/L		Análisis y Reporte
Compuestos de Fósforo			
Ortofosfatos (P-PO43-)	mg/L		Análisis y Reporte
Fósforo Total (P)	mg/L		Análisis y Reporte
Compuestos de Nitrógeno			
Nitratos (N-NO3-)	mg/L		Análisis y Reporte
Nitritos (N-NO2-)	mg/L		Análisis y Reporte
Nitrógeno Amoniacal (N-NH3)	mg/L		Análisis y Reporte
Nitrógeno Total (N)	mg/L		Análisis y Reporte

Nota: Tomado de Tabla E.4.7 (MINISTERIO DE DESARROLLO ECONOMICO DIRECCION DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BASICO, 2000, pág. E. 57).

5.2.MARCO TEORICO

En las diferentes actividades humanas siempre se van a generar aguas residuales y residuos sólidos. Desde la antigüedad, las comunidades han creado sus civilizaciones alrededor de cuerpos de aguas superficiales como ríos, lagos, etc. Estas pequeñas poblaciones hacían uso de la capacidad de asimilación y auto depuración del agua, lo que se podía efectuar debido a que los residuos eran pequeños. Pero con el acelerado crecimiento de las capitales antiguas, centros religiosos y comerciales. Los seres humanos a través de la historia han estado expuestos a diferentes dificultades, pues aunque las grandes poblaciones siempre están construidas estratégicamente cerca a una fuente de agua de donde se abastece para sus diferentes actividades, estas actividades generan una gran cantidad de desechos (Gordon M. Fair, 2011).

Se considera contaminación hídrica a la presencia de:

- Formas de energía.
- Elementos.
- Compuestos inorgánicos y orgánicos.

El uso del agua depende de:

- Características físicas.
- Características químicas.
- Características microbiológicas.
- Características organolépticas.

Las aguas residuales domésticas (ARD), son todos los residuos líquidos de viviendas, zonas residenciales, establecimientos comerciales y establecimientos institucionales. Se pueden dividir en:

- **Aguas negras**, aguas que transportan heces y orina, provenientes del inodoro
- **Aguas grises**, aguas que contienen jabón y grasa, provienen de la ducha, tina, lavamanos, lavaplatos, lavadora, lavadero, etc.)

Estos desechos generados deben ser evacuados para poder prevenir enfermedades en la población, es por eso qué además de evacuar tales desechos, es indispensable realizar un tratamiento previo para poder mitigar sus impactos a otras poblaciones aguas abajo. La degradación de algún elemento genera peligro, las aguas residuales pueden causar:

- Trasmisión de enfermedades
- Deterioración física, química y biológica
- Condiciones ofensivas a la vista y al olfato
- Destrucción de peces comestibles
- Degradación de cuerpos receptores de aguas

Según (Lozano, 2012) para realizar un plan de tratamiento se debe tener en cuenta:

1. Caracterización
    - Origen y naturaleza de las aguas residuales.
    - Estado de las redes de alcantarillado.
    - Localización y características de los puntos de vertido.
    - Dinámica de contaminación de los cauces fluviales receptores en los vertidos.

2. Diagnóstico ambiental
    - Evaluación del impacto ambiental.

3. Establecimiento de objetivos de calidad
    - Planteamiento de metas alcanzables y necesarias.
4. Propuesta y estudio de soluciones técnicas
    - Comparación técnica y económica
        i. Planes de financiación.
        ii. Costos de mantenimiento.
        iii. Costos de operación.

5. Selección de la mejor combinación de procesos y conveniencia tecnológica.
6. Aspectos institucionales
    - Sostenibilidad técnica.
    - Sostenibilidad financiera.

Dentro de los procesos de tratamiento se pueden clasificar en tres tipos que son:

- **Pretratamiento,** busca acondicionar el agua residual para facilitar los tratamientos propiamente dichos, además de preservar la instalación de erosiones y taponamientos. Incluye equipos tales como rejas, tamices, desarenadores y desengrasadores

- **Tratamiento Primario o Tratamiento Fisicoquímico,** busca reducir la materia suspendida por medio de la precipitación o sedimentación, con o sin reactivos, o por medio de diversos tipos de oxidación química. Se encarga de regular temperatura, pH, color, olor, sólidos suspendidos y materia flotante.

- **Tratamiento Secundario o Tratamiento Biológico,** se trata de reducir el contenido de materia orgánica acelerando los procesos biológicos naturales. Se encarga de reducir los niveles de contaminación química y bilógica, dentro de sus procesos están Biodiscos, Filtros biológicos, Lagunas aerobias, Lagunas anaerobias, Digestión anaerobia, Sedimentación, Procesos anóxicos, Humedales artificiales y Lodos activados.

Tratamiento Terciario o Tratamiento Fisicoquímico-Biológico, utiliza técnicas de ambos tipos destinadas a pulir o afinar el vertido final; es necesaria cuando el agua va a ser reutilizada. Elimina un 99% de los sólidos y además se emplean varios procesos químicos para garantizar que el agua esté tan libre de impurezas como sea posible. Reducen los niveles de patógenos y materia contaminante del agua; dentro de sus tratamientos están Absorción, Precipitación, Ozono, Luz ultravioleta, Membranas y Desinfección.

Algo relevante para el diseño de una PTAR, es la caracterización fisicoquímica del agua problema, para identificar el tratamiento específico que se debe realizar. Según (Lozano, 2012), se deben tener en cuenta mínimo los siguientes datos de investigación:

- Caudal
- Temperatura
- pH
- Sólidos sedimentables
- DBO_5 total y disuelta.
- DQO total y disuelta.
- Sólidos totales (Suspendidos y disueltos)
- Nitrógeno total Kjeldahl- NTK
- Fósforo
- Grasas y aceites
- Sulfato
    - Presencia de agentes de limpieza (Tipo, volumen empleado y frecuencia de uso)

Datos adicionales

Se deben tener en cuenta:

- Las actividades económicas principales cuyos efluentes pueden influir en las características del agua residual.
- Materias primas o productos tóxicos que puedan presentarse en el efluente indicadores de producción.
- Diagrama de flujo del proceso.
- Eficiencias requeridas para los parámetros exigidos por la autoridad ambiental.
- Caudales punta y su composición
- Área disponible para el sistema de tratamientos
- Dinero disponible para invertir en la depuradora

Otros criterios de selección se deben tener en cuenta:

- Ubicación
- Costos de inversión y operación
- Necesidad de personal (Cualificado y no cualificado)
- Consideraciones particulares
    - Clima
    - Tamaño de la población
    - Nivel socioeconómico de los usuarios
    - Estabilidad geológica
    - Dirección de vientos
    - Consideraciones ambientales
    - Facilidades para subproductos

Para el estudio de la implementación de una PTAR, se deben tener en cuenta aspectos relevantes como:

- Requisitos de área
- Confiabilidad del proceso
- Aspectos económicos
- Generación de Subproductos

Las plantas de tratamiento de agua son un conjunto de sistemas y operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es que a través de los equipamientos elimina o reduce la contaminación o las características no deseables (Ricardo Iván Monterroso Lucas,2017).

Debido a que las mayores exigencias en lo referente a la calidad del agua se centran en su aplicación para el consumo humano y animal estos se organizan con frecuencia en tratamientos de potabilización y tratamientos de depuración de aguas residuales, aunque ambos comparten muchas operaciones.

Iván Ernesto Torres Poveda (2016) afirma: “La necesidad de aumentar el uso de las plantas de tratamiento de aguas residuales se da con el fin de cumplir los requerimientos establecidos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo en la resolución 631 del año 2015”.

6. DISEÑO METODOLOGICO

6.1.HIPOTESIS

¿Es posible que la generación de una planta de tratamiento de aguas domésticas genere cambios positivos para mitigar en un futuro los efectos antropogénicos producidos por una población no mayor a 50 habitantes?

6.2.VARIABLES

Dentro de las variables necesarias para realizar el diseño se encuentran:

- **Caudal:** Cantidad de agua que ingresa al sistema, que será la predominante para el cálculo de cada una de las etapas.
- **Tiempo de retención:** Tiempo necesario en cada etapa del proceso de tratamiento para que se lleve a cabo el mejoramiento físico químico del efluente
- **Oxigenación:** Adición de partículas del agua en pro de la eliminación de olores, así mismo busca facilitar la creación de flocs que se sedimentarán en la clarificación en un tiempo y forma determinada
- **Dimensiones de las lamelas:** Grados de inclinación óptimo para que el lodo se precipite de forma adecuada, forma geométrica de la lamela, longitud efectiva de tratamiento de la lamela.
- **Dosificación de Cloro:** Cantidad dosificada necesaria para la desinfección del agua.

6.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

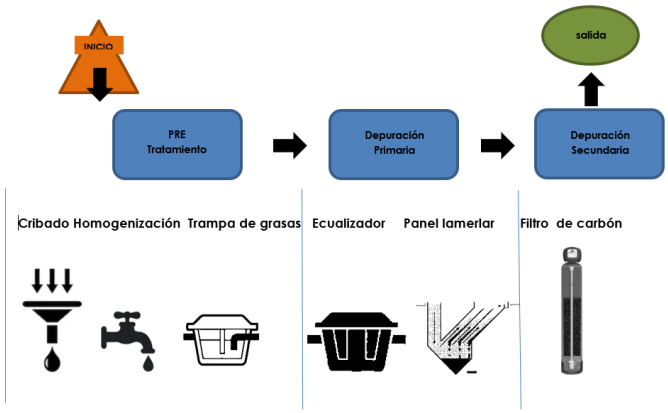
Según el proceso que se emplea en la elaboración del presente proyecto de grado, se puede clasificar como una investigación descriptiva, ya que examina las características del tema a investigar, para poder definirlo y lograr formular un posible diseño para la solución del problema, dando recomendaciones para su construcción.

6.4. METODOLOGIA

Mediante una preliminar investigación basada en documentos científicos se encontró la forma de incluir un proceso adaptado al modelo básico para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Tal modelo contempla procesos físicos y químicos para asegurar la eliminación de partículas y contaminantes que son objeto del tratamiento del efluente hídrico para ser recirculado o vertido de forma ambientalmente razonable (Figura 1).

Figura 1

Etapas del sistema de la planta de tratamiento de aguas residuales.



Nota: Figura diseñada por los autores.

7. Etapa de diseño

7.1.Principios de diseño

Para poder realizar el diseño, se deben tener en cuenta los siguientes procesos:

- Toma de la muestra de agua cruda.
- Caracterización del agua cruda mediante la resolución 631 del 2015.
- Diseño de las diferentes etapas de tratamiento del agua residual.
- Implementación de procesos.

La muestra de agua se extrajo de una caja de inspección de tuberías de aguas residuales de un conjunto residencial llamado Conjunto Residencial Rincón de Techo 1, ubicado en la ciudad de Bogotá con la idea de simular la carga orgánica generada por 50 habitantes. (Figura 2).

Figura 2

Caja de inspección de donde fue tomada la muestra.

Nota: Fotografía tomada por los autores.

La muestra extraída tenía la siguiente consistencia, por lo que se decidió pasarla por medio de una criba, con ayuda de un trozo de tela, para poder retirar los sólidos más grandes. (Figura 3).

Figura 3

Muestra y proceso de filtrado.

Nota: Fotografía tomada por los autores.

En la foto se puede apreciar como quedó la muestra de agua después de haber pasado por una especie de criba en la cual se retiraron los diferentes sólidos que estaban dentro de la muestra. (Figura 4).

Figura 4.

Muestra de agua filtrada. Fotografía tomada por los autores

Nota: Fotografía tomada por los autores.

Debido al inconveniente generado por el COVID-19, se debieron realizar unas pruebas usando equipos para medir parámetros in situ, los parámetros que pudieron ser medidos son:

- Temperatura.
- Oxígeno disuelto.
- Conductividad.
- pH.

Se debe tener en cuenta que, con ayuda de los ensayos de laboratorio realizados a partir de la muestra, se pueden analizar las necesidades de tratamiento del agua cruda, para así determinar cuál tipo de tratamiento es el más indicado. Los equipos usados son de la marca OHAUS (Figura 5).

Figura 5.

Equipos utilizados para la medición de parámetros fisicoquímicos.

Nota: Fotografía tomada por los autores.

7.2.Pruebas fisicoquímicas

7.2.1. Temperatura

Según EcuRed (2020), “Su influencia en la calidad del agua es debido a la relación que se establece entre temperatura y solubilidad de sales y gases: a mayor temperatura mayor solubilidad de iones, y menor en gases, factores ambos que degradan la calidad de las aguas, ya que disminuyen la capacidad de disolución de oxígeno”. (Figura 6)

Figura 6.

Toma de temperatura en la muestra.

Nota: Fotografía tomada por los autores.

7.2.2. Oxígeno disuelto

Este compuesto proviene de la mezcla del agua con aire, debido a que las aguas residuales tienen una gran cantidad de materia orgánica, esta materia orgánica existente, consume grandes cantidades de oxígeno presente en el agua. En la Figura 7 se puede observar que el dispositivo utilizado muestra el valor de 0 mg/l, este valor repercute en el olor de la muestra.

Figura 7.

Toma de oxígeno disuelto en la muestra.

Nota: Fotografía tomada por los autores.

7.2.3. Conductividad

Se puede definir como la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, debido a que contiene elementos como Nitratos, Sulfuros, Fosfatos, Sodio, Magnesio y Calcio. En la Figura 8 se puede apreciar que la medida de la muestra es $638\ \mu s/cm$, tomada a una temperatura de 19.5 °C.

Figura 8.

Toma de conductividad en la muestra.

Nota: Fotografía tomada por los autores.

7.2.4. pH

Este parámetro tiene la capacidad de medir la acidez relativa del agua, debido a que las aguas residuales tienen grandes cantidades de materia orgánica, Nitrógeno, Fósforo y Sólidos.

Según el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (2015) “El proceso de desinfección del agua tenga algún efecto en la muestra de agua el pH de la muestra de agua debe estar dentro de un rango de 6.5 y 9”.

En la Figura 9, podemos observar que la muestra se encuentra en un valor de 8.3 con una temperatura de 19.6 °C.

Figura 9.

Toma de pH en la muestra de agua cruda.

Nota: Fotografía tomada por los autores.

7.3.Cálculo de la población

Es un parámetro fundamental debido a que se debe tener en cuenta la carga orgánica contaminante que puede tratar este sistema. Debido a que el diseño tiene una capacidad establecida (50 habitantes) para poder tratar el agua residual, ese sería su límite de funcionamiento al ser un sistema compacto y portable; para aumentar su capacidad, se pueden colocar otros sistemas iguales en paralelo.

7.3.1. Caudal doméstico

Con ayuda de la siguiente fórmula se obtiene el caudal doméstico generado por una cantidad estimada de habitantes proyectados.

$$Q_{domestico} = \frac{Dotación * P * Cr}{86400}$$

Donde:

P= Número de habitantes proyectados.

Cr= Coeficiente de retorno sanitario (0.8).

D= Agua consumida por habitante por día. (L/hab*día).

7.3.2. Caudal de diseño

Números de habitantes= 50

Coeficiente de retorno sanitario = 0.8

D= 133 L/hab

$$Q_{domestico} = \frac{D * P * Cr}{86400}$$

$$Q_{domestico} = \frac{50 * 133 \frac{L}{hab} * 0.8}{86400}$$

$$Q_{domestico} = 0.061\ L/s$$

Debido a que se requiere tratar solo el caudal doméstico, sería el mismo caudal medio.

7.3.3. Caudal punta

$$Q_p = Qmd * \left(1.2 + \frac{26}{Qmd^{0.25}}\right)$$

$$Q_p = Qmd * \left(1.2 + \frac{26}{Qmd^{0.25}}\right)$$

$$Q_p = 0.392\ L/s$$

7.3.4. Caudal mínimo

$$Q_{min} = 0.3 * Qmd$$

$$Q_{min} = 0.3 * 0.061\ L/s$$

$$Q_{min} = 0.0183\ L/s$$

El caudal de diseño que se tiene en cuenta es de 0.1 L/s, debido a una estimación que se realizó para no sobredimensionar el prototipo con el fin de que sea confiable y seguro.

7.4.Tipos de tratamiento

Los tratamientos que van a ser utilizados para el diseño del prototipo son los siguientes:

- **Tratamiento primario** (Cribado, tanque de homogenización y trampa de grasa).
- **Tratamiento secundario** (Panel lamelar y Oxigenación por Blower).
- **Tratamiento terciario** (Filtro carbón).

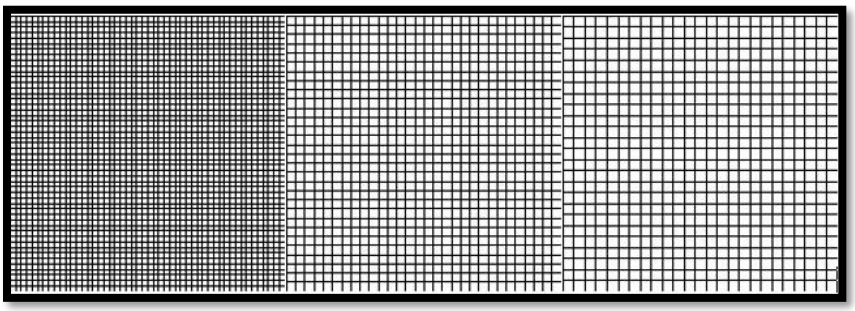
7.5.Procedimientos utilizados en el prototipo

7.5.1. Cribado

Se utilizan para retirar materiales como plásticos, trozos de madera, ramas, etc. La limpieza de las rejillas se va a realizar de manera manual por el operario con ayuda de un rastrillo metálico, con una inclinación de 60°. Se seleccionan estos diferentes tipos de tamices (Figura 10) con relación a los posibles residuos sólidos que se puede obtener en el proceso de cribado:

Figura 10.

Tamaños de los tamices.



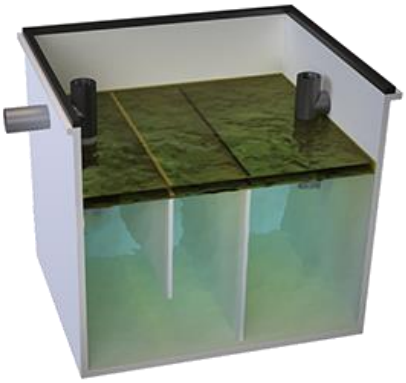
Nota: Figura diseñada por los autores.

7.5.2. Trampa de grasa

Se puede fabricar una trampa de grasa (Figura 11) con el material acero inoxidable, se deben realizar mantenimientos periódicos, porque al acumularse grasas en excesos, esta se descompone generando malos olores y descensos en el pH. Tiene como función retener todas aquellas sustancias que tengan un peso específico menor que el agua, es decir partículas que flotan.

Figura 11.

Trampa de grasa.



Nota: Trampa de grasa. (Ecodena Mexico, 2020). Recuperado de https://www.ecodena.com.mx/trampas-de-grasas.html https://www.ecodena.com.mx/trampas-de-grasas.html

7.5.2.1.Volumen de trampa de grasas

$$V_{tg} = Q_{diseño} * T_{retención}$$

$$V_{tg} = 0.1\frac{\mathrm{L}}{\mathrm{s}} * \frac{1m^3}{1000\ L} * \frac{3600\ s}{1h} * 45min * \frac{1h}{60min}$$

$$V_{tg} = 0.27\ m^3$$

7.5.2.2.Área de trampa de grasas

$$A_{tg} = \frac{V_{tg}}{h_{tg}}$$

$$A_{tg} = \frac{0.27\ m^3}{1.2\ m}$$

$$A_{tg} = 0.225\ m^2$$

7.5.2.3.Dimensiones de trampa de grasas

$$B = \sqrt{\frac{A_{tg}}{4}}$$

$$B = \sqrt{\frac{0.225\ m^2}{4}}$$

$$B = 0.2371\ m$$

$$B = 0.30\ m$$

$$L = 3 * B$$

$$L = 3 *\ 0.2371\ m$$

$$L = 0.7115\ m$$

$$L = 0.75\ m$$

7.5.2.4.Ubicación bafle

$$Ub = 0.75 * L$$

$$Ub = 0.5625\ m$$

7.5.2.5.Altura bafle

$$Hb = 0.9 * H$$

$$Hb = 1.08\ m$$

7.5.2.6.Espacio entre bafle y fondo

$$Ebf = 0.10 * H$$

$$Ebf = 0.12\ m$$

7.5.2.7.Ubicación tubería

$$Utub = 0.50 * B$$

$$Utub = 0.15\ m$$

7.5.2.8.Altura de la tubería de entrada

$$Hetb = 0.35 * H$$

$$Hetb = 0.42\ m$$

7.5.2.9.Caída de la tubería e ingreso a la salida

$$\frac{H_{ectb}}{H_{sitb}} = 0.22 * H$$

$$\frac{H_{ectb}}{H_{sitb}} = 0.264\ m$$

7.5.3. Tanque de homogenización

Son diseñados para estabilizar el pH, evitar los sólidos en suspensión, evitar que se produzcan sépticos, retener y controlar caudales. Se debe tener en cuenta de que su retención hidráulica (TRH) es de 12 a 24 horas. (Figura 12).

Figura 12.

Tanque de homogenización.

Nota: (Tekpro, 2020). Tanque de la homogenización. Recuperado de https://tekpro.com.co/portfolio/tanque-homogeniezador-ecualizacion/

7.5.3.1.Volumen del tanque de homogenización

$$V = 0.20 * Volumen\ vertido\ acumulado * \frac{24\ hrs}{horas\ de\ flujo}$$

Donde:

Volumen vertido acumulado $= 0.1\ {}^{L}/_{s}$ ó $8.64\ {}^{m^3}/_{día}$

$$V = 0.20 * 8.64m^3 * \frac{24\ hrs}{15hrs}$$

$$V = 1.728\ m^3$$

7.5.3.2.Área del tanque

$$A = \frac{V}{h}$$

$$A = \frac{1.728\ m^3}{1.2\ m}$$

$$A = 1.44m^2$$

7.5.3.3.Radio del tanque

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$$

$$r = \sqrt{\frac{1.44m^2}{\pi}}$$

$$r = 0.6770\ m$$

$$d = 1.5\ m$$

7.5.4. Tanque ecualizador

Su función consiste en homogenizar las características del flujo de llegada, no deben funcionar como sedimentadores, por lo tanto, es indispensable de que mantenga los sólidos en suspensión por medio de la implementación de aireadores. (Figura 13)

Figura 13.

Tanque ecualizador.

Nota: (Tekpro, 2020). Tanque ecualizador. Recuperado de https://tekpro.com.co/portfolio/tanque-homogeniezador-ecualizacion/

7.5.4.1.Volumen del tanque

$$V_{te} = Q_{md} * T_r$$

Donde:

$Q_{md} = Caudal\ medio\ de\ diseño \left(\frac{m^3}{h}\right)$

$T_r = Tiempo\ de\ retencion\ hidraulica\ (h)$

$$V_{te} = 0.061\ L/s * 6h$$

$$V_{te} = 1.3176\ m^3$$

7.5.4.2.Área del tanque

$$A_{te} = V_{te}/h_{te}$$

Donde:

$h_{te} = Altura\ del\ tanque\ ecualizador.$

$$A_{te} = 1.3176\ m^3/1.2m$$

$$A_{te} = 1.098\ m2$$

7.5.4.3.Radio del tanque ecualizador

$$r_{te} = \sqrt{\frac{A_{te}}{4}}$$

$$r_{te} = \sqrt{\frac{1.098\ m2}{4}}$$

$$r_{te} = 0.3238\ m$$

$$dte = 1.2\ m$$

7.5.5. Oxigenación

Este proceso es de vital importancia para que el agua que sea vertida a un cuerpo de agua superficial reduzca su impacto ambiental debido a que si este vertimiento tiene valores reducidos de oxígeno puede acabar con la vida de peces y demás seres vivos que componen dicho ecosistema. Es por eso que se propuso la inyección de oxígeno por medio de la introducción de un flujo de aire como se muestra en la Figura 14, para proporcionar oxígeno al agua y reducir los niveles de olor del agua residual, se propone vincular un motor de aire de 3,5 w como se muestra en la Figura 15.

Figura 14.

Oxigenador de acuario.

Nota: (Pecesdeacuarios.net, 2020). Oxigenador de acuario. Recuperado de https://www.pecesdeacuarios.net/acuarios/oxigenador-de-acuario/

Figura 15.

Inyección de flujo de aire.

Datos técnicos		air 100	air 200	air 400
Potencia bomba aprox.	l/h	100	200 (2x100)	400 (2x200)
Consumo eléctrico	W	3,5	3,5	4
Altura bombeo aprox.	Al. máx. m	2	2	2
Conexiones de manguera		1	2	2
ø de manguera	mm	4/6	4/6	4/6
Medidas AlxAnxF aprox.	mm	152x89x71	152x89x71	152x89x71
N° de art.		3701010	3702010	3704010
EAN	4011708	370032	370025	370018
Medidas embalaje AlxAnxF	cm	24x14,5x8,5	24x14,5x8,5	24x14,5x8,5
Unidad de embalaje	unidades	3	3	3

Nota: (EHEIM, 2020). Inyección de flujo de aire. Recuperado de

https://www.eheim.com/es_ES/productos/tecnica/compresor-de-aire400

7.6.Diseño de la decantación lamelar

Se debe tener en cuenta de que el tipo de decantación lamelar que se va a utilizar va a ser el de contracorriente debido a que el agua se evacúa en la zona de pocos sólidos y tiene una buena distribución de flujo.

7.6.3. Condiciones relevantes para cálculo de lamelas

- Flujo laminar $Re = \frac{vfa*\rho*h}{\mu} < 200$
- Estabilidad de flujo $Fr = \frac{vfa^2}{g*\rho*h} > 10^{-5}$
- Velocidad critica de flujo
- $vfa = velocidad\ ascendente\ (30\frac{m}{h}\ \ y\ 100\ \frac{m}{h})$
- $vs = velocidad\ desplazamiento\ particula\ (0{,}5\frac{m}{h}\ \ y\ 5\ \frac{m}{h})$
- Número de Reynolds entre 100 y 200
- Las inclinaciones de las lamelas deben situarse entre 35 y 60º sobre la horizontal, ya que por encima de 60° disminuye mucho la eficacia, y por debajo de 35°el lodo se acumula en las lamelas.
- Separación de las placas puede estar entre 2 a 10 cm, preferente 3 - 5 cm
- Diámetro de los tubos es de 25 a 50 mm
- Altura vertical de las lamelas, H = 0,5 - 0,8 m
- Relación comercial de longitud/anchura de las lamelas, l/B = 1,5 - 2,5
- Situación de las lamelas por debajo del nivel del líquido = 0,4 m

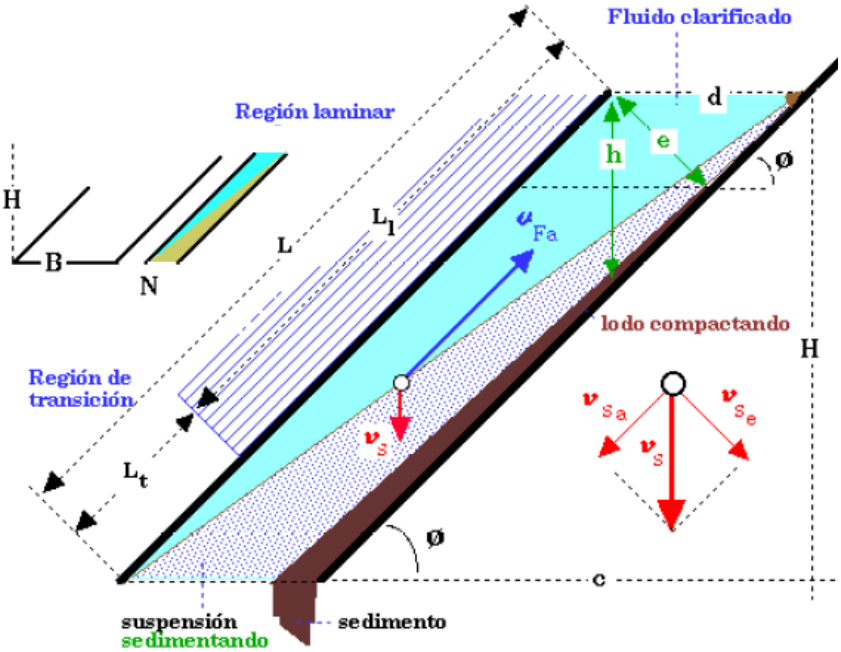
7.6.4. Longitud mínima de las lamelas:

Longitud en referencia a los parámetros establecidos para el diseño y que son un conjunto de variables asociadas como se muestra en la Figura 16.

$$\boldsymbol{L} = (vFa - vs * sen\theta) * \left(\frac{e}{vs} * cos\theta\right)$$

Figura 16

Esquema representativo de una región inter lamelar típica.



Nota: (Gutierrez & Bueno, 2002). Esquema representativo de una región inter lamelar típica.

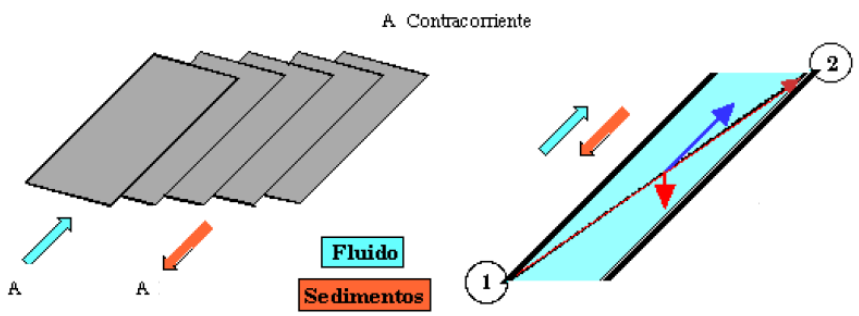
7.6.5. Tiempo de operación

Tiempo que tarda en desplazarse una partícula del punto 1 al 2 como se muestra en la Figura 17.

$$t = \frac{e}{vs * cos\theta}$$

Figura 17.

Trayectoria de los sedimentos.



Nota: (Gutiérrez & Bueno, 2002). Trayectoria de los sedimentos.

7.6.5.2.Parámetros iniciales

$$vfa = 50\frac{m}{h} = 0{,}01388\ \frac{m}{s}$$

$$vs = 2\frac{m}{h} = 0{,}00055\ \frac{m}{s}$$

$$\theta = 60°$$

$$e = 5cm$$

$$B = 50cm$$

7.6.5.3.Longitud mínima de las lamelas:

$$\boldsymbol{L} = (vFa - vs * sen\theta) * (\frac{e}{vs} * cos\theta)$$

$$\boldsymbol{L} = (0{,}01944 - 0{,}00055 * sen60) * \left(\frac{0{,}05}{0{,}00055} * cos60\right)$$

$$L = 0{,}60\ m$$

7.6.5.4.Tiempo de operación

$$t = \frac{e}{vs * cos\theta} \qquad t = \frac{0{,}05}{0{,}00055 * cos60}$$

$$t = \frac{0{,}05}{0{,}00055 * cos60}$$

$$t = 180s$$

7.6.5.5.Relaciones elementales

$$d = \frac{e}{sen\theta} \qquad d = \frac{0{,}05}{sen60} = 0{,}057m$$

$$H = \frac{L}{sen\theta} \qquad H = \frac{0{,}6}{sen60} = 0{,}692m$$

$$c = \frac{H}{tan\theta} \qquad c = \frac{0{,}692}{\tan 60} = 0{,}4m$$

7.6.5.6.Área proyectada

$$Ayz = B\left(\left(\frac{H}{tan\theta}\right) + (N-1)\left(\frac{e}{sen\theta}\right)\right)$$

$$Ayz = B\left(\left(\frac{0{,}692}{tan60}\right) + (12-1)\left(\frac{0{,}05}{sen60}\right)\right) = 0{,}892m$$

7.7.Diseño del sistema fotovoltaico

La energía es una propiedad de la materia que utiliza para cambiar su forma o estado. Las fuentes de energía se pueden clasificar en dos grandes grupos:

- **Energía no renovable,** se encuentran en la naturaleza con capacidad limitada. Se pueden dividir en combustibles fósiles y en combustibles nucleares.
- **Energía renovable,** su fuente es inagotable ya que se regeneran naturalmente. Entre ellas están:
    - Energía hidráulica
    - Energía solar
    - Energía eólica
    - Energía geotérmica
    - Energía mareomotriz
    - Energía undimotriz
    - Biomasa

El uso de estos sistemas va a garantizar de que el sistema sea autosustentable, con la idea de que se pueda acoplar a cualquier condición en la que no exista un fácil acceso a la energía eléctrica. Para hacer el diseño del sistema fotovoltaico es indispensable tener en cuenta posición geográfica, clima, nubosidad y radiación solar.

Para el diseño de este sistema fotovoltaico se debe tener en cuenta los componentes que componen la instalación son:

- Módulo fotovoltaico.
- Regulador.
- Batería.
- Inversor.
- Carga (Elementos que van a ser alimentados).

7.7.3. Carga

El sistema fotovoltaico va a alimentar al Blower de oxigenación, bomba dosificadora y tablero de control. En la tabla 3, se puede ver el consumo de energía de los componentes que van a ser alimentados por el sistema fotovoltaico.

Tabla 3.

Elemento que serán alimentados por el sistema fotovoltaico.

Equipo	Consumo de energía (W)	Tiempo de uso (h)	W*h
Blower	3,5	5	17,5
Bomba dosificadora	14	5	70
Bomba dosificadora	14	5	70
Sumatoria de consumo de energía			157,5

Nota: Tabla diseñada por los autores.

7.7.4. Módulo fotovoltaico

Está constituido por células fotovoltaicas en serie y en paralelo, que unidas se transforman en lo que llamamos panel o módulo fotovoltaico (Figura 18), el cual transforma la radiación solar en electricidad. (Carta, Calero, Colmenar, & Castro, 2009).

Figura 18

Célula fotovoltaica.

Nota: (Colenergia, 2020). Célula fotovoltaica. Recuperado de https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-456560366-panel-solar-100w-policristalino-_JM?matt_tool=45425669&matt_word&gclid=CjwKCAjwqJ_1BRBZEiwAv73uwOX5wjIx7ExkpJAvEn6AtiHa3qNUELbNqxSmVBx4k8XDV_IsgaOM6hoCf6UQAvD_BwE&quantity=1

7.7.4.2.Energía generada por un panel

$$\mathrm{E_{panel}} = \mathrm{I_{panel}} * \mathrm{HPS} * \mathrm{n_{panel}}$$

$$\mathrm{E_{panel}} = 5.410\mathrm{A} * 5.5\mathrm{hrs} * 0.9$$

$$\mathrm{E_{panel}} = 26.7795\ \mathrm{Ah}$$

7.7.4.3.Consumo real de carga

$$Consumo_{real\ de\ carga} = \frac{\text{Sumatoria de consumo de energía}}{0.85}$$

$$Consumo_{real\ de\ carga} = \frac{157.5\ Wh}{0.85}$$

$$Consumo_{real\ de\ carga} = 185.29\ Wh$$

7.7.4.4.Corriente máxima

$$I_{max} = \frac{Consumo_{real\ de\ carga}}{Voltaje\ del\ regulador}$$

$$I_{max} = \frac{185.29\ Wh}{12\ V}$$

$$I_{max} = 15.44\ Ah$$

7.7.4.5. Necesidades del usuario

$$NU = Ec * 1.20$$

$$NU = 157.5\,Wh * 1.20$$

$$NU = 189\,Wh$$

7.7.4.6. Coeficientes de pérdidas

$$K_T = (1 - K_b + K_c + K_v) * \left(1 - \frac{K_a * N}{P_d}\right)$$

Donde:

K_a = Coeficiente de auto descarga.

K_b = Coeficiente de pérdidas por rendimiento del acumulador.

K_c = Coeficiente de pérdidas en el convertidor.

K_v = Coeficiente de pérdidas varias.

N = Número de días de autonomía en la instalación.

P_d = Profundidad de descarga diaria de la batería.

7.7.4.7.Coeficiente de auto descarga (Ka)

$K_a = 0.002$; Baterías de baja auto descarga, Ni-Cd

$K_a = 0.002$; Baterías estacionarias, Pb-Acido.

$K_a = 0.002$; Baterias de alta auto descarga (Automóviles)

7.7.4.8.Coeficiente de pérdidas por rendimiento del acumulador (Kb)

$K_b = 0.002$; Baterías de baja autodescarga, Ni-Cd

$K_b = 0.002$; Baterías estacionarias, Pb-Acido.

7.7.4.9.Coeficiente de pérdidas en el convertidos (Kc)

$K_c = 0.05$; Baterías de baja auto descarga, Ni-Cd

$K_c = 0.1$; Otros Inversores

7.7.4.10. Coeficiente de pérdidas varias (Kv)

$0.05 < K_c < 0.15$; Pérdidas por rendimiento de red, efecto Joule, etc.

7.7.4.11. Profundidad de descarga

No debe exceder el 80% (Capacidad nominal del acumulador), la eficiencia disminuye en gran medida con ciclos de carga y descargas profundas.

Pd=0.70

7.7.4.12. Número de días de autonomía de la instalación

Son los números de días en la que la instalación debe operar la irradiación mínima (Días nublados continuos). 4 a 10 días de referencia.

N=4 días

7.7.4.13. Demanda de energía

Es el consumo teórico de energía, se debe conocer el consumo real.

$$E = \frac{E_T}{R}$$

Donde:

E_T = Consumo energético teórico.

R= Rendimiento global de la instalación.

$$E = \frac{157.5\ Wh}{0.68}$$

$$E = 68\ Wh$$

7.7.4.14. Energía Celda fotovoltaica

$$E_p = P_p * HPS * n_p$$

$$E_p = 90\ W * 5.5\ hrs * 0.9$$

$$E_p = 445.5\ Wh$$

7.7.4.15. Número de paneles

$$n_{paneles} = \frac{Cmáx}{Ep}$$

$$n_{paneles} = \frac{231.62\ Wh}{445.5\ Wh}$$

$$n_{paneles} = 0.5199$$

7.7.4.16. Número de paneles por uso

Como se va a utilizar 7 días a la semana, se tiene que:

$$n_{paneles} = \frac{Cmáx * Días\ de\ uso}{Ep * 7\ dias\ a\ la\ semana.}$$

$$n_{paneles} = \frac{231.62\ Wh * 7}{445.5\ Wh * 7\ dias\ a\ la\ semana.}$$

$$n_{paneles} = 0.5199$$

7.7.5. Regulador

Es el elemento que tiene como función limitante de carga, protección, direccionamiento de corriente, testeo permanente, descarga preventiva y optimiza el tiempo de carga, evitando de esta manera sobre cargas en baterías y equipos electrónicos. Se recomienda utilizar el regulador (Figura 19) se debe tener en cuenta la corriente máxima que está presente en el sistema, son importantes:

Figura 19

Regulador de voltaje.

Nota: (NCYT Amazings, 2020). Regulador de voltaje. Recuperado de https://noticiasdelaciencia.com/art/36713/los-paneles-solares-con-baterias-necesitan-un-regulador-de-carga

Este elemento controla las cargas y descargas de la batería para escoger su referencia se debe tener en cuenta la corriente máxima que corre a través del sistema. Es la sumatoria de:

$$I_{max} = I_{generador} + I_{carga}$$

$$I_{max} = 7.5\ A + 13.125\ A$$

$$I_{max} = 20.625\ A$$

7.7.6. Inversor

Tiene como función elevar el voltaje de 12 a 24 voltios a 110/220v y transformar la corriente continua en alterna (Figura 20).

Figura 20

Inversor de voltaje.

Nota: (SoloStocks, 2018). Inversor de voltaje. Recuperado de https://www.solostocks.com.co/venta-productos/fuentes-alimentacion/inversores-convertidores-electricos/inversor-de-onda-pura-500w-inversor-de-voltaje-5958802

Para la selección del inversor debemos tener en cuenta dos variables importantes que son:

- Pérdidas generadas aproximadamente el 20%
- Voltaje de entrada del inversor (12 V_{dc})
- Carga (W)

Mediante la siguiente fórmula se determina el valor del inversor:

$$V_{in} * I_{in} = V_{out} * I_{out} + Perdidas$$

$$12V_{dc} * I_{in} = 189W + (0.2 * 189W)$$

$$I_{in} = 18.9\ A$$

7.7.7. Batería

Es un dispositivo que almacena energía en forma electroquímica (Figura 21), tiene como función:

- Almacenar la energía que proviene de módulo solar.
- Estabilizar la corriente, el voltaje y la resistencia interna del módulo fotovoltaico.

Figura 21

Batería solar.

Nota: (Merkasol, 2009). Batería Solar. Recuperado de https://www.merkasol.com/Bateria-Solar-EnergyCell-80Ah-12V

7.7.7.2.Corriente real de la batería

Se mide la capacidad en la cantidad de corriente que puede suministrar.

$$Ireal = 55Ah * 0.3$$

$$Ireal = 16.5\ Ah$$

7.7.7.3.Capacidad de las baterías

$$C = \frac{E * N}{V * Pd}$$

Donde:

V= Voltaje.

E= Energía real.

N= Número de días.

Pd= Profundidad de descarga.

$$C = \frac{231.62\ Wh * 7}{12\ V * 0.7}$$

$$C = 193.01\ Ah$$

7.7.7.4.Corriente almacenable

$$Corriente\ almacenable = \frac{193.01\ Wh}{12V}$$

$$Corriente\ almacenable = 16.085\ Ah$$

7.7.7.5.Corriente de la batería

$$Corriente\ de\ batería = \frac{Corriente\ almacenable}{0.3}$$

$$Corriente\ de\ batería = \frac{16.085\ Ah}{0.3}$$

$$Corriente\ de\ batería = 53.615\ A$$

7.7.7.6.Descarga diaria

$$C_{bat} \geq \frac{Cmáx * Días\ de\ autonomía}{Profundidad\ de\ descarga}$$

$$C_{bat} \geq \frac{231.62\ Wh * 4}{0.7}$$

$$C_{bat} \geq 1323.5\ A$$

7.7.7.7.Descarga diaria

$$Descargas\ diaria = \frac{C_{máx}}{C_{bat}} * 100$$

$$Descargas\ diaria = \frac{231.62\ Wh}{1323.5\ A} * 100$$

$$Descargas\ diaria = 17.5\ \%$$

7.9.Filtro de carbón activado

El carbón se activa a través de un proceso a temperaturas muy altas, generando un carbón poroso que atrapa compuestos, principalmente orgánicos en gas y líquidos (Figura 22). Está formado por cáscara del coco, turba, coque del petróleo, carbón, olivos y serrín. Se utilizan para eliminación de compuestos orgánicos, extracción de cloro del agua, mal sabor, malos olores y tratamiento por intoxicación.

Figura 22.

Filtro de carbón activado.

Nota: (Equipos de Osmosis Inversa, 2020). Filtro de carbón activado. Recuperado de https://equipososmosisinversa.com/filtros-de-carbon-activado/

7.10. Dosificación de químicos

7.10.1. Tablero de control

Como parte importante de todo sistema autónomo deberá existir un cerebro, que accione en determinados tiempos y durante ciertos periodos los equipos que hacen parte integral del sistema de tratamiento, para ello se implementará un sistema de control análogo, en serie de un dispositivo de interacción electromecánica que proporcionará potencia hacia los equipos, en respuesta de una programación que podrá manipularse por el usuario como si tratara de ser un reloj, como se muestra en la Figura 23.

Figura 23.

Caja de control típica para un sistema AC.

Nota: (Marcas de Colombia S.A.S , 2020). Caja de control típica para un sistema AC. Recuperado de https://www.marcascolombialtda.com/a-3-identificacion-de-tableros-y-componentes/

7.10.2. Bomba dosificadora

De acuerdo con los ensayos de laboratorio realizados y en evidencia de implementar la dosificación de forma automatizada un químico en ciertas etapas del tratamiento, se acoge introducir un sistema de bombeo de químico en estado líquido como se muestra en la Figura 24, tal bomba contempla un sistema propiciado por un solenoide que impulsa el flujo hacia las etapas deseadas en forma de pulsos y periodos que podrán ser programados por el usuario según su necesidad.

Figura 24.

Bomba dosificadora.

Nota: (Prominent Iberia, S.A, 2019). Bomba dosificadora. Recuperado de http://www.interempresas.net/Agua/FeriaVirtual/Producto-Bombas-dosificadoras-de-membrana-gamma-X-Prominent-X-tremely-clever-134033.html

La información técnica de la bomba dosificadora se puede observar en la Figura 25.

Figura 25.

Datos técnicos del sistema de bombeo.

Información técnica

Kompact **AML**	Flujo [gph]	Presión [psi]	Capacidad de pulso [cc/pulso]	Ø Conexión E/S. [pulg]	Frecuencia max. [pulso/min]
Modelo **200**	1.3	120	0.52	1/4"	160
	0.8	145	0.31		

Información técnica para el cabezal de la bomba

Tipo	Cuerpo de bomba	Esferas	Asiento de válvula	Diafragma
P	PVDF-T	Cerámica	FPM - EPDM	PTFE PURO

Carcasa

Materiales	Grado de protección	Fuente de alimentación	Consumo
PP	Calibre NEMA 4X	100 - 240 VAC 50/60 Hz	14 W

Nota: (Seko, 2017). Datos técnicos del sistema de bombeo. Recuperado de Soluciones para agua e industria (Seko, 2017).

7.10.2.1. Diseño del sistema de dosificación ASPRE e Hidroxicloruro de aluminio.

El sistema de bombeo recomendado para el diseño es el modelo **Kompact AML** que se usa de la siguiente manera:

$$Q_{diseño} = 0.1\ L/s \ \text{ ó } \ 360 L/h$$

$$Capacidad\ de\ pulso = 0.52\ ml/pulso$$

Para adicionar los químicos anteriormente mencionados (ASPRE y Hidroxicloruro de Aluminio) se debe tener en cuenta la cantidad estimada de agua residual que se quiera tratar. Por medio de la siguiente fórmula se halla un estimado de volumen que se debe adicionar para realizar el tratamiento en una hora.

$$x = \frac{3.8\ ml * 360\ L/h}{1L}$$

$$x = 1368\ ml/h$$

El sistema tiene como flujo máximo de 1.3 gph que convirtiéndolo a litros por hora daría un total de:

$$Flujo\ de\ la\ bomba\ dosificadora = 1.3\ gph \text{ ó } \ 4.92\ L/h$$

Los pulsos del sistema de bombeo son de 160 pulsos/min al pasar ese valor a horas quedaría de la siguiente forma:

$$Pulsaciones\ del\ sistema\ de\ bombeo = 160\ pulsos/\min \text{ ó } 9600\ pulsos/h$$

Pasamos el valor que debemos dosificar de químicos para el tratamiento de nuestro sistema teniendo en cuenta el volumen previamente hallado.

$$x = \frac{1.368\ L * 9600\ pulsaciones}{4.92\ L}$$

$$x = 2669.268\ pulsaciones$$

Son necesarias para adicionar 3.8 ml (2.1 ml de ASPRE y 1.7 de Hidroxicloruro de aluminio)

Para tener en cuenta el tiempo necesario para adicionar los químicos cada hora se tiene que:

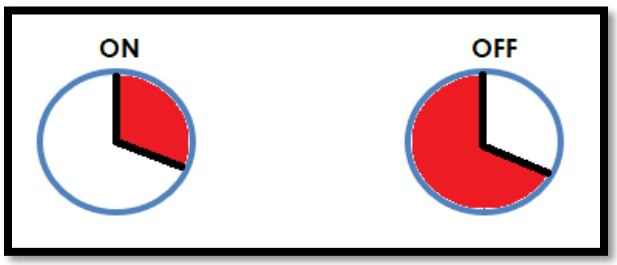
$$x = \frac{2669.268\ pulsaciones}{160\ pulsaciones/min}$$

$$x = 16.68\ min$$

Esto servirá para determinar la programación que se va a utilizar para adicionar los químicos Figura 26.

Figura 26.

Programación del sistema de bombeo.



Nota: Figura diseñada por los autores

El tiempo en el que se realiza la adicción de químicos.

$$x = \frac{Qmd\ (L/día)}{Qdiseño\ (L/día)}$$

$$x = \frac{5270.4\ L/día}{8640\ L/día}$$

$$x = 0.61 * 24h$$

$$x = 14.64h \approx 15h$$

Para determinar el consumo de energía que va a tener el sistema de bomba dosificadora va a ser:

$$x = 15h * \frac{16.68\ min}{60\ min}$$

$$x = 4.17h\ \approx 5h$$

8. Resultados Esperados.

Como se puede observar en el capítulo, se realizó una serie de ensayos de laboratorio para identificar los parámetros fisicoquímicos presentes en la muestra de agua residual proveniente de un conjunto residencial, esto se realizó pensando en obtener una muestra lo más parecida posible a las características de un agua residual proveniente de una población no mayor a 50 habitantes. La normatividad colombiana es muy laxa en cuanto a los parámetros mínimos exigibles para el vertimiento de las aguas residuales domésticas generadas en soluciones; únicamente es enfocada al análisis en 6 parámetros, los demás únicamente deberán ser reportados.

La norma no incluye si es permisible el uso de sistemas sépticos para una comunidad como solución de saneamiento básico, sin embargo, actualmente entidades gubernamentales siguen ejecutando proyectos con base en sistemas sépticos individuales como solución a problemáticas de saneamiento básico, conocidas como “unidades sanitarias”, los cuales presentan un diseño básico basado en una etapa de trampa de sólidos como se muestra en la Figura 27.

Figura 27.

Unidad sanitaria.

Nota: (Departamento Nacional de Planeación, 2018). Unidad sanitaria. Recuperado de https://proyectostipo.dnp.gov.co/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=135&Itemid=212

Como se puede observar en el capítulo, se realizó una serie de ensayos de laboratorio para identificar los parámetros fisicoquímicos presentes en la muestra de agua residual proveniente de un conjunto residencial, esto se realizó pensando en obtener una muestra lo más parecida posible a las características de un agua residual proveniente de una población no mayor a 50 habitantes. Repetido Primer párrafo hoja anterior.

Los resultados de los ensayos de laboratorio se pueden observar en la tabla 4.

Tabla 4.

Parámetros Fisicoquímicos de todas las muestras.

Parámetros	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
pH	8.3	8.3	8.3	8.3
Conductividad (uS/cm3)	638	638	638	638
Temperatura (°C)	19.5	19.5	19.5	19.5
Oxígeno disuelto (mg/L)	0	0	0	0

Nota: Tabla diseñada por los autores.

Luego del proceso de identificación de los parámetros fisicoquímicos, se realizó un ensayo de test de jarras para determinar la cantidad necesaria para que la muestra de agua sufra el proceso de coagulación y floculación para reducir la cantidad de materia orgánica y solidos totales.

Se procede a añadir los químicos en diversas cantidades para poder observar su comportamiento en cada muestra de agua (Tabla 5).

Tabla 5.

Parámetros mínimos para el cumplimiento de vertimientos.

Químicos	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
ASPRE	0.7 ml	0.7 ml	1.4 ml	2.1 ml
Hidroxicloruro de Aluminio	0 ml	1.7 ml	0 ml	1.7 ml

Nota: Tabla diseñada por los autores.

Luego de añadir los químicos, se puede observar que la muestra que evidenció un mayor proceso de sedimentación de material orgánico fue la muestra 4 (Figura 28).

Figura 28.

Parámetros de la muestra 4.

Nota: Fotografía tomada por los autores.

Se procede a medir de nuevo los parámetros fisicoquímicos y comparar con los valores iniciales (Tabla 6).

Tabla 6.

Parámetros Fisicoquímicos muestra 4.

Parámetros	Muestra 4 (Sin químicos)	Muestra 4 (Con químicos)
pH	8.3	6.3
Conductividad (uS/cm3)	638	50
Temperatura (°C)	19.5	18.9
Oxígeno disuelto (mg/L)	0	0

Nota: Tabla diseñada por los autores.

El modelo de diseño de tratamiento para la recirculación de aguas residuales domésticas cuenta con los siguientes procesos:

- Cribado.
- Taque de Homogenización.
- Trampa de Grasas.
- Tanque de Ecualización.
- Panel Lamelar.
- Filtro de carbón activado.

Dentro de las recomendaciones para el proceso constructivo del sistema de tratamiento están:

- Para el evento de usar la planta de tratamiento en una zona plana se deberá realizar una excavación preliminar y compactación de suelo de fundación, seguido de esto se deberá ingresar grava de diferentes granulometrías para entregar una superficie firme sobre la cual descansará la plataforma y la estructura (Figura 29).

Figura 29.

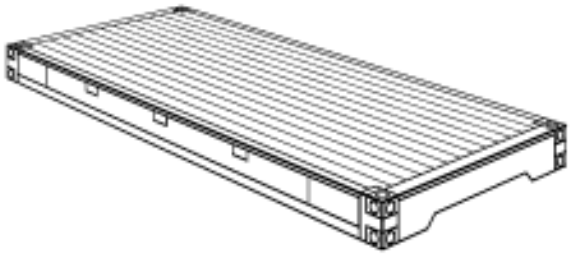
Excavación preliminar.

Nota: (Syner Tech SAS, 2016). Excavación preliminar. Recuperado de https://www.youtube.com/watch?v=IURzQ7Nmzug&t=83s

- Con base en el objeto del proyecto donde contempla un diseño “compacto y portable”, la estructura base como se muestra en la Figura 30, deberá ser en acero inoxidable ya que será la que estará en contacto directo con la superficie y la cual deberá soportar cargas derivadas a cada una de las etapas del sistema de tratamiento.

Figura 30.

Plataforma base para la planta de tratamiento.



Nota: Figura diseñada por los autores

- Para la superficie interior y exterior de la planta, se recomienda usar un material que no sea corrosivo, debido al contacto constante con el agua, para ello se podrá fabricar en acero al carbón, pero deberá contar con un recubrimiento con una pintura epóxica que brindará a la superficie la protección mínima necesaria.

- Podrá generarse la fabricación en material de polietileno de alta densidad, pero para ello se deberá contar con un molde y un proceso mecanizado para la extracción del prototipo.

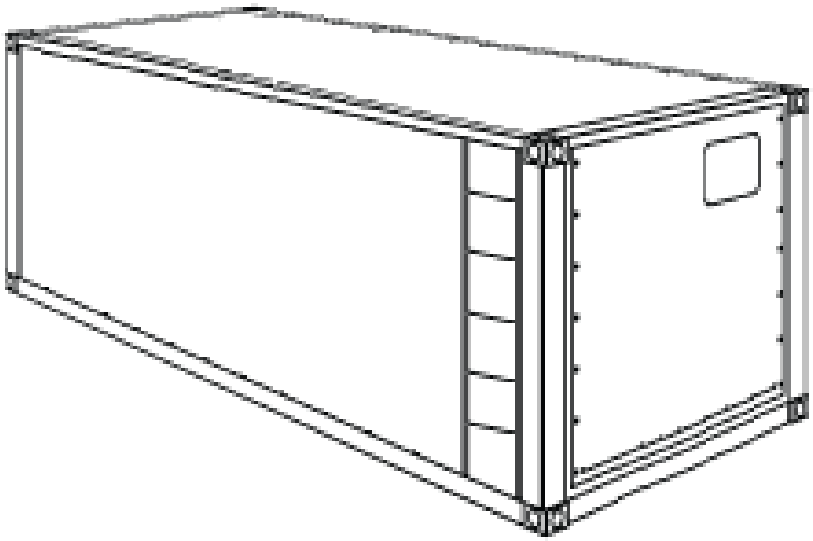
- Podrá ser fabricado en acero inoxidable, el cual no deberá tener ningún tipo de recubrimiento adicional.

- Las dimensiones calculadas fueron aproximadas teniendo en cuenta la facilidad para su construcción.

- Se recomienda tener en cuenta el diseño de la figura 31 junto con los planos adjuntados en la sección Anexos al final del documento.

Figura 31.

Vista isométrica de la planta de tratamiento compacta.



Nota: Figura diseñada por los autores

9. CONCLUSIONES

- La muestra de agua tomada de un conjunto residencial llamado Rincón de Techo 1 ubicado en la ciudad de Bogotá, dio como resultado en las muestras un comportamiento típico de los residuos domésticos con valores dentro de los parámetros.

- El test de jarras fue utilizado para determinar qué concentración de los químicos floculantes es la más cercana a la ideal para tratar ese tipo de agua. Estos químicos son de fácil acceso comercial, por lo tanto, se posibilitará su compra a los futuros clientes.

- El diseño de esta planta de tratamiento debe estar sujeto a ajustes, debido que el cambio de altitud es directamente proporcional al cambio de parámetros fisicoquímicos y de dimensiones del prototipo.

- Se desarrollaron investigaciones para obtener un prototipo funcional y compacto para solventar de manera rápida el tema de tratamientos de aguas residuales para poblaciones pequeñas.

10. RECOMENDACIONES

- Las cribas deben ser extraíbles de forma fácil para que el operario encargado del mantenimiento de la máquina pueda realizar una actividad rápida, eficaz y segura.

- Se recomienda utilizar el material de acero inoxidable 306, dado que es un material que tiene una mayor resistencia a la corrosión debido a los cambios de clima que pueda sufrir la planta de tratamiento de aguas residuales compacta.

- Los lodos obtenidos mediante los diferentes procedimientos pueden ser reutilizados como compostaje, se debe tener en cuenta que estos lodos deben ser primero deshidratados.

- Se debe tener en cuenta la cantidad de energía en forma de radiación solar. Colombia es un país tropical y puesto que estamos muy cerca de la línea del Ecuador, tenemos una buena cantidad de radiación solar. Es por eso que se debe tener en cuenta una adecuada inclinación de la celda fotovoltaica, para aumentar su rendimiento y evitar tener que realizar muchos mantenimientos. Se recomienda manejar un ángulo de 60°.

- La forma de conexión de un sistema fotovoltaico se comienza de la siguiente manera:
    - Batería.
    - Celda fotovoltaica.
    - Carga.

- La forma de conexión de un sistema fotovoltaico se comienza de la siguiente manera:
    - Carga.
    - Celda fotovoltaica.
    - Batería.

- Como recomendaciones para poder aumentar la vida útil de la batería solar se debe tener en cuenta:
    - Base de Icopor para protegerla herméticamente
    - Vaselina para proteger los bornes.
    - Regulador para amortiguar la descarga.

- Para el mantenimiento del filtro de carbón activado, se recomienda realizar un retro lavado y un ingreso a un horno con una temperatura

11. BIBLIOGRAFÍA

Caballero, A. (2017). *Diseño de una instalación para el tratamiento de las aguas residuales generadas en una industria de galvanizado de hierro.* Valencia : Universidad Politécnica de Valencia.

CAR. (2011). *Información compilada de los sistemas de tratamiento de aguas residuales disponibles y aplicables al proyecto* . Bogota : CAR.

Carbotecnia. (6 de Marzo de 2020). *¿Qué es el carbón activado?* Obtenido de Carbotecnia: https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/carbon-activado/que-es-el-carbon-activado/

Carta, J., Calero, R., Colmenar, A., & Castro, M. (2009). *Centro de energias renovables.* Madrid .

Charry, J., & Rodriguez, D. (2019). *Diseño y Montaje a escala de una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas (PTAR), como modelo funcional para el desarrollo de prácticas en el laboratorio de calidad de aguas del programa de ingenieria civil de la Universidad Piloto de Colombia.* Girardot: Universidad Piloto de Colombia.

Colenergia. (14 de Marzo de 2020). *Panel Solar 100w Policristalino*. Obtenido de Mercadolibre.com.co: https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-456560366-panel-solar-100w-policristalino-_JM?matt_tool=45425669&matt_word&gclid=CjwKCAjwqJ_1BRBZEiwAv73uwOX5wjIx7ExkpJAvEn6AtiHa3qNUELbNqxSmVBx4k8XDV_IsgaOM6hoCf6UQAvD_BwE&quantity=1

Correa, S., Gamarra, Y., Salazar, A., & Pitta, N. (Diciembre de 2015). Evaluación de la remoción de Nitrógeno, Fósforo y Sulfuros en agua residual doméstica. *Informacion Tecnologica* , pág. 10.

De la Espriella, F., & Ocampo, F. (2017). *Estudio de la viabilidad técnico-económica para la implementación de un sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas en COTECMAR sede Mamonal.* Barranquilla: Universidad del Norte.

Departamento de Salud y Servicios para personas mayores de New Jersey. (12 de Abril de 2003). *Hoja Informativa sobre substancias peligrosas*. Obtenido de Departamento de Salud y Servicios para personas mayores de New Jersey: https://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0323sp.pdf

Departamento Nacional de Planeación . (17 de Abril de 2018). *Construcción de unidades sanitarias para vivienda rural dispersa*. Obtenido de Departamento Nacional de Planeación : https://proyectostipo.dnp.gov.co/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=135&Itemid=212

Diaz, E., ALvarado, A., & Camacho, K. (Enero-junio de 2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sontenible. *Quivera* , págs. 78-97.

Distriambiente. (s.f.). *Distriambiente*. Obtenido de Distriambiente: https://distriambiente.com/categoria-producto/equipos-para-tratamiento-de-agua/filtros-de-carbon-activado/

Distriambiente. (s.f.). *Distriambiente* . Obtenido de Distriambiente : https://distriambiente.com/como-funciona-un-filtro-de-agua-de-carbon-activado/

Ecodena Mexico. (13 de Febrero de 2020). *Trampas de Grasas*. Obtenido de Ecodena Mexico : https://www.ecodena.com.mx/trampas-de-grasas.html

EcuRed. (2020). *Calidad del Agua*. Obtenido de EcuRed: https://www.ecured.cu/Calidad_del_Agua

EHEIM. (2020). *Aire de manera silenciosa*. Obtenido de EHEIM: https://www.eheim.com/es_ES/productos/tecnica/compresor-de-aire400

EHEIM. (2020). *Técnica innovadora de acuariofilia Catalogo general* . Deizisau: EHEIM.

Equipos de Osmosis Inversa. (5 de Abril de 2020). *Equipos de Osmosis Inversa*. Obtenido de Equipos de Osmosis Inversa: https://equipososmosisinversa.com/filtros-de-carbon-activado/

Equipos de Osmosis Inversa. (26 de Febrero de 2020). *Filtros De Carbón Activado…Para Qué Se Usan?* Obtenido de Equipos de Osmosis Inversa: https://equipososmosisinversa.com/filtros-de-carbon-activado/

Escobar, M. A. (2018). *Diseño Hidraulico de una planta de tratamiento de aguas residuales para la parroquia salinas, Imbabura.* Imbabura: Facultad de ingeniería y ciencias aplicadas.

Fair, G., Geyer, J., & Okun, D. (1999). *Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales.* Limusa.

Frigicoll. (s.f.). *Frigicoll*. Obtenido de Frigicoll: https://frigicoll.es/blog/filtro-de-carbon-activo-usos-y-donde-comprarlo/

Gordon, J., Geyer, J., & Okun, D. (2001). *Abastecimiento de agua y remocion de aguas residuales.* México D.F: Limusa S.A.

Gutierrez, A., & Bueno, J. (2002). *Los sedimentadores lamelares en el tratamiento de aguas residuales.* Oviedo: Universidad de Oviedo.

Humma. (10 de Julio de 2019). *Cómo funciona el carbón activado*. Obtenido de Humma: https://humma.com.ar/como-funciona-el-carbon-activado/

Importadora Aguilar. (2020). *ADAPTADOR O BRIDA ROSCABLE PARA TANQUE DE AGUA.* Obtenido de Importadora Aguilar: https://importadoraaguilar.com/producto/adaptador-o-brida-roscable-para-tanque-de-agua/

Julieta. (20 de Julio de 2016). *Seguridad Biologica.Blogspot.com*. Obtenido de Seguridad Biologica.Blogspot.com: https://seguridadbiologica.blogspot.com/2016/07/hipoclorito-de-sodio-como-agente.html

Lozano, W. (2012). *Diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales.* Bogotá.

Marcas de Colombia S.A.S . (2020). *Identificación de Tableros y componentes*. Obtenido de Marcas de Colombia S.A.S: https://www.marcascolombialtda.com/a-3-identificacion-de-tableros-y-componentes/

Mendez, J., & Cuervo, R. (2009). *Energia Solar Fotovoltaica* . Madrid : FC editorial .

Merkasol. (2009). *Batería Solar EnergyCell 80Ah 12V*. Obtenido de Merkasol: https://www.merkasol.com/Bateria-Solar-EnergyCell-80Ah-12V

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Resolucion 631 de 2015.* Bogota: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2015). *Resolución 2115* . Bogotá: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2016). *RESOLUCIÓN CRA 750 DE 2016.* Bogotá: Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico - CRA.

Monterroso, R. (2017). *Diseño de una planta modular de tratamiento biológico de aguas residuales para una fábrica de alimentos.* Guatemala.: Universidad de San Carlos de Guatemala.

NCYT Amazings. (14 de Febrero de 2020). *Los paneles solares con baterías necesitan un regulador de carga*. Obtenido de NCYT Amazings): https://noticiasdelaciencia.com/art/36713/los-paneles-solares-con-baterias-necesitan-un-regulador-de-carga

Ovalle, R., & Moreno, C. (2014). *CARTILLA GUÍA PARA LA EJECUCIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia . Obtenido de https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1797/1/Proyecto.pdf

Pecesdeacuarios.net. (2020). *Oxigenador de Acuario. Los Mejores Aireadores Para Acuario*. Obtenido de Pecesdeacuarios.net: https://www.pecesdeacuarios.net/acuarios/oxigenador-de-acuario/

Prominent. (2020). *Mangueras y tuberías para bombas de dosificación de baja presión*. Obtenido de Prominent: https://www.prominent.es/es/Productos/Refacciones/accg-hoses-pipes-low-pressure-pumps.html

Prominent Iberia, S.A. (2019). *Bombas dosificadoras de membrana gamma/ X: medición de la presión sin sensores*. Obtenido de Interempresas.net: http://www.interempresas.net/Agua/FeriaVirtual/Producto-Bombas-dosificadoras-de-membrana-gamma-X-Prominent-X-tremely-clever-134033.html

Saclima Solar Fotovoltaica . (2016). *Saclima Solar Fotovoltaica*. Obtenido de Saclima Solar Fotovoltaica: http://www.saclimafotovoltaica.com/energia-solar/reguladores-pwm-o-mppt/

Sánchez, J. (2019). *Modelamiento de las condiciones hidráulicas de una planta compacta para el tratamiento de aguas residuales domésticas.* Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

Seko. (2017). *Soluciones para agua e industria.* Seko.

SoloStocks. (16 de Febrero de 2018). *Inversor de onda pura 500W inversor de voltaje*. Obtenido de SoloStocks: https://www.solostocks.com.co/venta-productos/fuentes-alimentacion/inversores-convertidores-electricos/inversor-de-onda-pura-500w-inversor-de-voltaje-5958802

Soltaro. (4 de Abril de 2020). *Batería Solar EnergyCell 80Ah 12V*. Obtenido de Soltaro : https://www.merkasol.com/Bateria-Solar-EnergyCell-80Ah-12V

Syner Tech SAS. (22 de 10 de 2016). *Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Compactas*. Obtenido de YouTube: https://www.youtube.com/watch?v=IURzQ7Nmzug&t=83s

Tekpro. (14 de Febrero de 2020). *Tanque Homogeneizador y de Ecualización*. Obtenido de https://tekpro.com.co: https://tekpro.com.co/portfolio/tanque-homogeniezador-ecualizacion/

Todo SAI 2.0. (15 de Marzo de 2020). *Baterias tipos y usos*. Obtenido de Todo SAI 2.0: https://todosai.com/blog/bateriastipos-y-usos-b50.html

Torres, I. (2016). *Propuesta de mejoramiento de las operaciones en la planta de tratamiento de agua residual en el municipio de La Calera (Cundinamarca).* Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

Urrusuno, A. (2017). *Diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la depuración de efluentes procedentes de un lavadero de carbón.* Oviedo : Universidad de Oviedo .

12. Anexos

12.1. ASPRE

HOJA DE SEGURIDAD DEL ASPRE 098

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y LA COMPAÑÍA.

NOMBRE DEL PRODUCTO:	Aspre 098
NOMBRE COMERCIAL:	Aspre 098
SINONIMOS:	coagulante floculante, clarificador de aguas

2. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS.

Tóxico. La inhalación, ingestión o contacto del material con la piel causa lesiones severas. Puede encender otros materiales. Su nivel de reactividad es alto en presencia de agentes catalizadores. En contacto con metales puede desprender hidrógeno gaseoso inflamable.

INHALACIÓN:	Al ser inhalado causa irritaciones menores en la nariz, boca, garganta. Puede producir tos.
INGESTIÓN:	Es poco tóxico vía oral pero produce irritaciones en el tracto respiratorio. En grandes cantidades puede producir irritación del tracto gastrointestinal, dolor abdominal, náuseas, vómito y diarrea.
CONTACTO CON LA PIEL:	El contacto continuo con este producto causa irritaciones leves, enrojecimiento, picazón, dolor y quemaduras; de acuerdo al tiempo de exposición y la concentración del producto.
CONTACTO CON LOS OJOS:	El contacto continuo con este producto puede causar irritación, enrojecimiento, inflamación y posibles quemaduras, de acuerdo al tiempo de exposición y la concentración del producto.

3. DESCRIPCION

El coagulante ASPRE 098 es un polímero caitiónico líquido de color pardo y turbio, diseñado pra la clarificación, de agua, está conformado por una mezcla de aluminio y floculantes de alto peso molecular que permiten la formación de un floc pesado y disminuyendo el tiempo de floculación

4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS.

INHALACIÓN:	Trasladar inmediatamente a la persona expuesta al aire fresco. Si el individuo presenta dificultad para respirar, suministrar oxígeno artificialmente (sólo por personal capacitado). Solicitar asistencia médica inmediatamente.
INGESTIÓN:	Enjuagar la boca con agua corriente por mínimo 20 minutos. No suministrar ningún tipo de bebidas ni inducir el vómito. Solicitar asistencia médica inmediata.
CONTACTO CON LA PIEL:	Lavar el área expuesta con abundante agua por mínimo 20 minutos. Remover la ropa y calzado contaminado y aislarlo. Evite esparcir el material sobre la piel que no está afectada. Solicitar asistencia médica.
CONTACTO CON LOS OJOS:	Lavarse los ojos con agua por lo menos 20 minutos, buscando eliminar restos del producto, lentes de contacto u otros objetos extraños. Solicitar asistencia médica inmediatamente.

	HOJA DE SEGURIDAD DEL ASPRE 098	

5. MEDIDAS PARA EXTINCIÓN DE INCENDIOS.

RIESGO GENERAL:	Este producto no es combustible, no enciende por sí mismo pero en caso de incendio en los alrededores puede formar productos de combustión como cloruro de hidrógeno. En contacto con los metales puede producir hidrógeno gaseoso inflamable.
MEDIOS DE EXTINCIÓN:	Para incendios usar extintores de polvo químico seco, CO_2, rocío de agua, espuma resisten al alcohol.
MEDIDAS PARA CUERPOS DE SOCORRO:	No permanezca en el área y use el equipo de protección adecuado, que incluya traje de neopreno cerrado con protección para la cabeza, guantes y botas de caucho, goma o neopreno, gafas de seguridad con protección lateral y equipo de respiración autónomo. **DE ACUERDO AL NUMERAL 8**

6. MEDIDAS PARA FUGAS ACCIDENTALES.

Para pequeñas fugas del producto, use el traje protector, eliminar todas las fuentes de ignición (no fumar, no usar bengalas, chispas o llamas en la zona de peligro), no tocar los contenedores dañados a no ser que se tenga el equipo pertinente, detenga la fuga en caso de poder hacerlo, absorber con tierra seca, arena u otro material absorbente no combustible y depositarlo en contenedores plásticos debidamente etiquetados para su posterior desecho. No introducir agua en los contenedores. **PARA ESTE PROCEDIMIENTO, USAR SIEMPRE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN PERSONAL QUE SE RELACIONAN EN EL NUMERAL 8.**

Para derrames de cantidades mayores no intervenir directamente, alejarse de la zona a un lugar donde no tenga ningún tipo de contacto con el producto o sus vapores y comunicarse inmediatamente con los cuerpos de socorro de la zona, la empresa transportadora

7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO.

MANIPULACIÓN:	**USE EL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL RELACIONADO EN EL NUMERAL 8.** La manipulación del producto debe realizarse siempre en lugares ventilados, frescos y secos, no se deben consumir bebidas, alimentos o cigarrillos durante la manipulación y transporte de este producto y debe asegurarse al terminar la manipulación, que el recipiente quedó cerrado de forma adecuada y debidamente etiquetado.
ALMACENAMIENTO:	Almacenamiento en tanques de fibra de vidrio, en lugares frescos y con buena ventilación, lejos de fuentes de calor y humedad; en contenedores de plástico o caucho preferiblemente. Almacenar separadamente de productos incompatibles y mantener los envases cerrados y debidamente etiquetados. Evite temperaturas mayores a 40°C, a las cuales el producto comienza a ser inestable. **SE RECOMIENDA REALIZAR EL ALMACENAMIENTO, TENIENDO EN CUENTA LAS INCOMPATIBILIDADES DEL NUMERAL 10.**

8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL.

CONTROLES DE INGENIERIA:	Trabajar en un lugar con buena ventilación, respetar prohibiciones de no fumar, comer o beber algún tipo de bebida en el lugar de trabajo y mantener los envases bien cerrados con sus respectivas etiquetas de forma visible.
PROTECCIÓN PERSONAL:	Utilizar el traje de protección completo: careta con filtro adecuado con aporte de aire limpio, gafas de seguridad con protección lateral, traje de neopreno cerrado con protección para la cabeza, guantes y botas de caucho, goma o neopreno. Cuando se maneja este producto se ha de tener especial cuidado por la ausencia de dolor inmediato a su contacto.

HOJA DE SEGURIDAD DEL ASPRE 098

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS.

	200	300
APARIENCIA:	Líquido	Líquido
TURBIDEZ. NTU máx:	50	50
DENSIDAD A 20°C (Kg/Lt)	1,19 +/- 0,02	1,33 +/- 0,02
BASICIDAD:	50-70	>70
SOLUBILIDAD EN AGUA:	Soluble	Soluble

10. 1ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD.

ESTABILIDAD: El producto es estable bajo condiciones normales de almacenamiento. Evite las temperaturas mayores a 40°C, a las cuales el producto comienza a ser inestable.

PRODUCTOS PELIGROSOS DE DESCOMPOSICIÓN: Aspre 098

INCOMPATIBILIDADES: Puede reaccionar con agua, con cinc y aluminio, produce gas hidrógeno, en contacto con soluciones de amoniaco, soda cáustica, hidróxido de potasio y cloruros puede generar calor y vapores tóxicos. En contacto con los metales despide hidrógeno gaseoso inflamable.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA.

Produce irritaciones y quemaduras en la piel, ojos y tracto respiratorio. No hay evidencia de efectos cancerígenos ni de posibles desórdenes reproductivos.

La literatura reporta los siguientes valores de toxicidad media en ratas y conejillos:

DL50 (ORAL, RATAS): 12700 mg/kg

12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA.

Posibles efectos ecotóxicos por desviación de pH en aguas, para esto se debe diluir en una proporción alta. No incorporar a suelos ni acuíferos.

CL50 (Alga Marina) (72 h): > 100 mg/L

CL50 (Protozoa) (96 h): 12 mg/L

CE50 (Daphnia magna) (48 h): 290 mg/L

En general los cloruros suelen tener mala biodegradabilidad y permanecen durante años en el medio ambiente. Debido a su carácter hidrofóbico se acumula en las grasas especialmente en los últimos eslabones de la cadena alimenticia y puede provocar problemas de salud.

13. CONSIDERACIONES SOBRE LA DISPOSICIÓN DEL PRODUCTO.

Diluir con agua y luego eliminar en las aguas residuales o por el desagüe. En particular, los compuestos de bajo riesgo, se pueden diluir en agua en una proporción mínima de 1:20 u otra que sea necesaria, para luego eliminar en las aguas residuales o por el desagüe.**Esta operación debe llevarse a cabo de forma cuidadosa y usando todos los elementos de protección personal referenciados en el numeral 8.**

La disposición y eliminación debe realizarse de acuerdo con las disposiciones oficiales. Para los embalajes contaminados deben adoptarse las mismas medidas que para el producto contaminante.

14. INFORMACIÓN SOBRE EL TRANSPORTE.

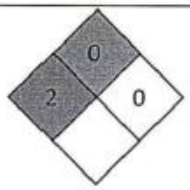
CLASE:	8
PICTOGRAMA:	CORROSIVO
NÚMERO UN:	1760
GUIA EN LA GRE:	154
GRUPO ENVASE/ EMBALAJE:	II y III

	HOJA DE SEGURIDAD DEL ASPRE 098	

15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA.

1. Ley 769 de 2002 Código Nacional de Tránsito terrestre, artículo 32:	La carga de un vehículo debe estar debidamente empacada, rotulada, embalada y cubierta conforme a la normatividad técnica nacional cuando esta aplique, de acuerdo con las exigencias propias de su naturaleza, de manera que cumpla con las medidas de seguridad vial y la normatividad ambiental. Los contenedores deberán llevar dispositivos especiales de sujeción, según lo estipulado por el Ministerio de Transporte.
2. Decreto 1609 de 2002:	Por el cual se reglamenta el manejo y transporte por carreteras de mercancías peligrosas.
3. Norma técnica colombiana NTC 4702-8:	Embalaje y envase para transporte de mercancías peligrosas Clase 8. Sustancias corrosivas.

16. INFORMACIÓN ADICIONAL



Clasificaciones NFPA: Salud 2; Incendio 0; Reactividad 0.

Frases R: 34-37 – Provoca quemaduras, irrita las vías respiratorias.

Frases S: S24/25: Evite el contacto con ojos y piel.

La información que se suministra en este documento se ha recopilado basándose en las mejores fuentes existentes, de acuerdo con los últimos conocimientos disponibles y con los requerimientos legales vigentes sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas. Esto no implica que la información sea exhaustiva en todos los casos. Es responsabilidad del usuario evaluar si la información de la hoja de datos de seguridad satisface los requerimientos para una aplicación específica distinta a la adecuada.

12.2. Hidroxicloruro de Aluminio

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
POLICLORURO DE ALUMINIO

1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO

1.1. **Nombre:** Hidroxicloruro de Aluminio

1.2. **Otros medios de identificación:**

Sinónimos: Policloruro de Aluminio, PAC.

Número CAS: 1327-41-9

Número UN: 3264

1.3. **Usos recomendados:**

Usado en el tratamiento y clarificación de aguas potables, residuales o industriales y en La industria de papel.

1.4. **Datos del proveedor:**

1.5. **Teléfono en caso de emergencia:** 01 – 8000 – 941414 CISTEMA ARL SURA

2. IDENTIFICACIÓN DEL PELIGRO O PELIGROS

2.1. **Clasificación de la sustancia o mezcla según SGA:**

Corrosivo para los metales (Categoría 1), H290.

Corrosión/irritación cutánea (Categoría 1A), H314.

2.2. **Elementos de la etiqueta:**

Pictogramas:

Palabra de advertencia: **PELIGRO**

Indicaciones de peligro: H290 Puede ser corrosivo para los metales.
H315 Provoca irritación cutánea
H315 Provoca lesiones oculares graves

Consejos de Prudencia:

Prevención

P260	No respirar nieblas. Si durante la utilización pueden producirse partículas inhalables.
P264	Lavarse cuidadosamente después de la manipulación. El fabricante/proveedor o la autoridad competente especificarán las partes de cuerpo que se deben lavar después de la manipulación
P280	Llevar guantes/ropa de protección/gafas de protección/máscara de protección.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
POLICLORURO DE ALUMINIO

Intervención

P301 + P330 + P331	EN CASO DE INGESTIÓN: Enjuagarse la boca. No provocar el vómito.
P303 + P361 + P353	EN CASO DE CONTACTO CON LA PIEL (o el pelo): Quitar inmediatamente toda la ropa contaminada. Enjuagarse la piel con agua o ducharse.
P363	Lavar la ropa contaminada antes de volverla a usar.
P304 + P340	EN CASO DE INHALACIÓN: Transportar a la persona al aire libre y mantenerla en una posición que le facilite la respiración.
P310	Llamar inmediatamente a un centro de toxicología/médico.
P321	Tratamiento específico. El fabricante/proveedor o la autoridad competente especificarán un producto de limpieza apropiado según proceda.
P305 + P351 + P338	EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Enjuagar con agua cuidadosamente durante varios minutos. Quitar los lentes de contacto cuando estén presentes y pueda hacerse con facilidad. Proseguir con el lavado.
P390	Absorber el vertido para prevenir daños materiales.

Almacenamiento

P406	Almacenar en un recipiente resistente a la corrosión/en un recipiente con revestimiento interior resistente a la corrosión. El fabricante/proveedor o la autoridad competente especificarán otros materiales compatibles.

2.3. Clasificación de acuerdo a las directrices EU 67/548/EEC o 1999/45/EC

Ci, Corrosivo

R-frases: (34): Provoca quemaduras

2.4. Otros peligros que no conducen a una clasificación o que no están cubiertos por el SGA:

No se cuenta con información disponible

3. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

3.1. Sustancias

Identidad química: Hidroxicloruro de aluminio.

Nombre común/sinónimos: Policloruro de Aluminio, PAC.

Número CAS: 1327-41-9

Impurezas y aditivos estabilizadores que estén a su vez clasificados y contribuyan a la clasificación de la sustancia: N/A

4. PRIMEROS AUXILIOS

4.1. Descripción de las medidas necesarias:

Inhalación: Si la víctima ha inhalado grandes cantidades del producto, llevarla a un sitio confortable, ventilado y fresco. Lavar nariz y boca con agua abundante y mantener en reposo y abrigado. Si su respiración es dificultosa suministre oxígeno. Consultar al médico lo más pronto posible.

Piel: Lave de inmediato con abundante agua, bajo la ducha remueva la ropa contaminada y zapatos, se debe continuar con el lavado con agua durante 20 minutos. Si la irritación u enrojecimiento persiste acudir al médico.

Ojos: Lave los ojos inmediatamente con agua corriente por un mínimo de 20 minutos. Mantenga los párpados abiertos durante el enjuague y gire los ojos. Si persiste la irritación, repita el lavado. Remita al médico inmediatamente.

En caso de Ingestión: NO INDUZCA AL VÓMITO. Si la víctima está consciente y alerta, darle a beber agua. Consultar al médico lo más pronto posible.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
POLICLORURO DE ALUMINIO

4.2. Síntomas/efectos más importantes, agudos y retardados:

Inhalación: Puede producir irritación en las vías respiratorias y dolor de garganta

Contacto con La Piel: Corrosivo. Produce irritación o enrojecimiento. Lavar inmediatamente.

Ojos: Produce ardor, Irritación y enrojecimiento. Lavar inmediatamente

Ingestión: Causa irritación gastrointestinal, los síntomas son náuseas y vómito.

4.3. Indicación de la necesidad de recibir atención médica inmediata y tratamiento especial requerido en caso necesario:

En caso de corrosión en la piel y en las membranas llamar a un centro médico.

5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS

5.1. Medios de extinción apropiados: Este producto no es inflamable, utilice medidas de extinción apropiadas para las circunstancias locales y el medio ambiente circundante.

5.2. Peligros específicos de los productos químicos: No combustible. Puede desprender gases muy irritantes como el cloruro de hidrógeno cuando se calienta por encima de la temperatura de descomposición

5.3. Equipo protector especial y precauciones especiales para los equipos de lucha contra incendios: Use equipo de seguridad adecuado para situaciones de fuego, use un equipo de respiración autónomo.

6. MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL

6.1. Precauciones individuales, equipos de protección y procedimientos de emergencia:

- Evite la inhalación y el contacto con la piel y los ojos. Se recomienda un aparato de respiración autónomo en caso de un derrame importante.
- Restrinja el área hasta que personal entrenado limpie completamente el derrame.
- Ventile el área.
- Use ropa adecuada y el equipo de protección personal recomendado, guantes, botas, traje de caucho (no use algodón ni cuero), casco, máscara de gases. No toque el producto derramado.
- Lave completamente.

6.2. Precauciones medioambientales: Evitar verter el producto en la red de alcantarillado o a través de ríos o cauces públicos.

6.3. Métodos y materiales para la contención y limpieza de vertidos:

- Detenga la fuga si es posible, construya un dique de arena.
- Absorba el producto en arena o un material absorbente del producto (Ej. Vermiculita), recójalo en un recipiente plástico, almacénelo, luego lave el lugar afectado y todas las herramientas usadas. Para su disposición cumpla las regulaciones gubernamentales.

Desactivación: Para la neutralización puede usarse Cal apagada o Carbonato de Sodio, recoja los residuos en un recipiente de plástico debidamente etiquetado y disponga según la regulación local.

7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

7.1. Precauciones para una manipulación segura: Mantenga el equipo de emergencia siempre disponible. El personal debe estar bien entrenado en el manejo seguro del producto. Los recipientes deben estar debidamente etiquetados y alejados de fuentes de calor. Evitar también la congelación. Evite el contacto con los ojos o la piel, no lo ingiera. No respire sus neblinas, vapores o gases.

7.2. Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas cualesquiera incompatibles: El área de almacenamiento debe estar adecuadamente ventilada con dique de protección, no compartido. En esta área se debe contar con ducha y lavaojos. El área de almacenamiento y el sistema de iluminación deben construirse de materiales resistentes a la corrosión y mantenerse bien ventilado y alejado de sustancias incompatibles como oxidantes y productos que desprenden gases en medio ácido. Almacénelo en un lugar bien ventilado, fresco y seco.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
POLICLORURO DE ALUMINIO

8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL

8.1. Parámetros de control:

Límites de exposición: Información no disponible

8.2. Controles de ingeniería apropiados

Provea ventilación general y/o local. Asegúrese de contar con una ducha y un lavaojos próximo a las estaciones de trabajo.

8.3. Medidas de protección individual:

Mantenga disponibles una ducha y una fuente para el lavado de los ojos en el área de trabajo

Para operación normal:

-Protección para los ojos: Use gafas de seguridad

Para muestreo, mantenimiento y trasvase:

Protección para los ojos: Use monogafas químicas

-Protección para la piel: Use guantes de nitrilo

Para emergencia:

Ojos	Monogafas químicas
Piel	Traje de protección antiácido (Overol, chaqueta-Pantalón), guantes de nitrilo y botas antiácido.

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS PROCESO DE PRODUCCIÓN

PROPIEDAD	VALOR
a. Estado Físico	Líquido
b. Color	Ámbar claro - oscuro
c. Olor	Ligeramente pungente
e. Punto de fusión/punto de congelación	Información no disponible
f. Punto inicial e intervalo de ebullición	Información no disponible
g. Inflamabilidad	No aplica. No inflamable
h. Límite superior/inferior de inflamabilidad / explosión.	Información no disponible
i. Punto de inflamabilidad	Ninguno
j. Temperatura de ignición espontánea	No aplica. No inflamable
k. Temperatura de descomposición	Información no disponible
l. pH	2.3 - 2.7 unidades de pH
m. Viscosidad cinemática (15.6 °C)	Información no disponible
n. Solubilidad	Soluble en agua e insoluble en solventes orgánicos comunes
o. Coeficiente de reparto n-octanol/agua	No aplicable para compuestos inorgánicos
p. Presión de vapor	Información no disponible
q. Densidad y/o densidad relativa	1.95 g/cm³ a 20 °C
r. Densidad de vapor relativa	Información no disponible
s. Datos pertinentes en lo que respecta a las clases de peligro físico	No hay información disponible

10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD:

10.1. **Reactividad:** Sufre reacción exotérmica con las bases.

10.2. **Estabilidad química:** Estable a temperatura y presión normal.

10.3. **Posibilidad de reacciones peligrosas:** La polimerización peligrosa no ocurre.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
POLICLORURO DE ALUMINIO

10.4. **Condiciones que deben evitarse:** Evite temperaturas excesivamente altas.

10.5. **Materiales incompatibles:** Reacciona con bases produciendo desprendimiento de calor, reacciona con oxidantes y productos que desprenden gases en medio ácido (Cloritos, Hipocloritos, Sulfitos, Sulfuros etc.).

10.6. **Productos de descomposición peligrosos:** la descomposición térmica puede liberar gases corrosivos de cloruro de hidrógeno.

11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA:

11.1. **Información sobre las vías probables de exposición:**

Toxicidad oral aguda:	Concluyente pero no suficiente para clasificación DL_{50} Rata: 9.187 mg / kg (*Fuente: Echa Europa*)
Toxicidad aguda por inhalación:	Concluyente pero no suficiente para clasificación.
Toxicidad cutánea aguda:	Concluyente pero no suficiente para clasificación. DL_{50} Rata: 2.000 mg / kg (*Fuente: Echa Europa*)
Corrosión/Irritación de la piel:	Puede causar corrosión si el contacto es prolongado
Serio daño ocular/Irritación ocular:	Causa serio daño en los ojos en caso de contacto continuo
Sensibilización:	Concluyente pero no suficiente para clasificación
Peligro de aspiración:	Concluyente pero no suficiente para clasificación.
Toxicidad a la reproducción:	Concluyente pero no suficiente para clasificación.
Mutagenicidad en células germinales:	Concluyente pero no suficiente para clasificación.
Carcinogenicidad:	No se encuentra clasificado dentro de la lista de carcinógenos de la organización mundial de la salud.
Teratogenicidad:	Concluyente pero no suficiente para clasificación.
Toxicidad específica en órganos diana exposición única:	Concluyente pero no suficiente para clasificación
Toxicidad especifica en órganos diana exposición repetida:	Concluyente pero no suficiente para clasificación

11.2. **Síntomas relacionados con las características físicas, químicas y toxicológicas:** No se encuentran datos disponibles

12. INFORMACIÓN ECOTOXICOLÓGICA:

12.1. **Ecotoxicidad:**

No se encontró información disponible

12.2. **Persistencia y degradabilidad:** No se cuenta con estudios disponibles

12.3. **Potencial de bioacumulación:** No se cuenta con estudios disponibles.

12.4. **Movilidad en suelo:**

No se cuenta con estudios disponibles

12.5. **Resultados de valoración PBT y mPmB:**

De acuerdo con el anexo XIII del Reglamento REACH 1907/2006 la valoración PBT y mPmB no se aplica a las sustancias inorgánicas.

12.6. **Otros efectos adversos:** El producto es una sal inorgánica, si se hidroliza se forman precipitados de Hidróxido de Aluminio con pH de 5 – 7 por lo que disminuye el pH del agua, si existen fosfatos pueden formarse complejos de fosfatos metálicos.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD
POLICLORURO DE ALUMINIO

13. INFORMACIÓN RELATIVA A LA ELIMINACIÓN DE LOS PRODUCTOS:

Sus residuos son considerados como no peligrosos, sin embargo no lo maneje como un desecho normal. No lo disponga en los drenajes, el suelo o fuentes de agua. Neutralizar con Cal o Carbonato de Sodio. Siga las regulaciones locales para su disposición.

14. INFORMACIÓN RELATIVA AL TRANSPORTE:

14.1. **Número ONU:** UN 3264

14.2. **Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas:** Solución de Policloruro de Aluminio.

14.3. **Clases relativas al transporte**: 8

14.4. **Grupo de embalaje/envase, si se aplica**: III

14.5. **Peligros para el medio ambiente:** No es contaminante marino

14.6. **Transporte a Granel**: TP2-TP27

14.7. **Precauciones especiales**: El producto se transporta en tambor/contenedor plástico, los cuales deben estar perfectamente cerrados y sin fugas, identificados con: la información suministrada en 2B

15. INFORMACIÓN SOBRE LA REGLAMENTACIÓN:

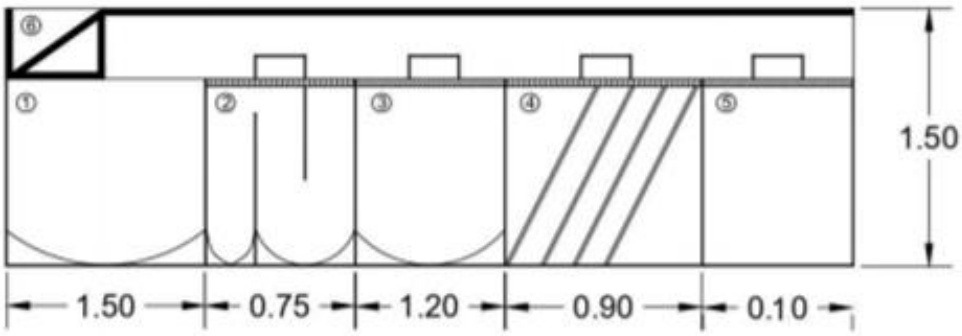
Esta hoja de seguridad cumple con los requerimientos del Sistema Globalmente armonizado.
Seguridad, salud y regulaciones medioambientales/legislación específica para la sustancia o la mezcla: sin datos disponibles Evaluación de la seguridad química: Para éste producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

16. OTRAS INFORMACIONES:

La información de esta hoja de seguridad de producto fue obtenida de fuentes serias y es digna de confianza, sin embargo, no constituye garantía tácita, ni explícita.

Las condiciones de manejo, uso, almacenamiento y disposición están más allá de nuestro control y conocimiento por esta razón, no se asume responsabilidad, ni implicaciones por perdidas, daños, lesiones o gastos debidos al manejo, almacenamiento, uso o disposición de este producto.

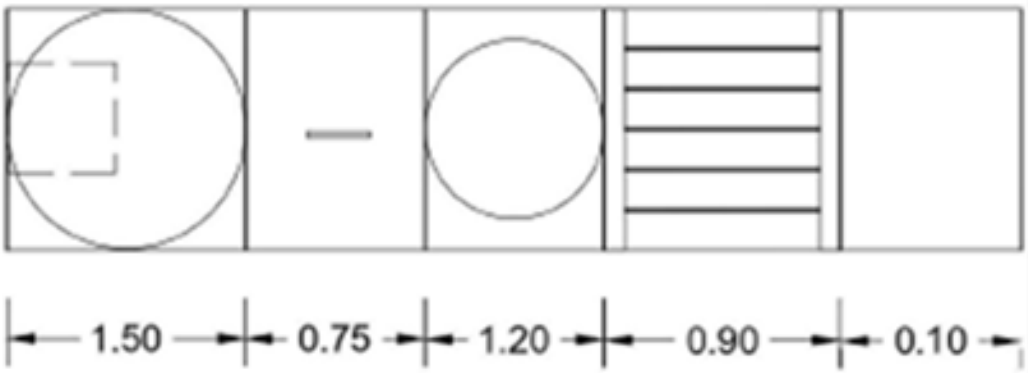
12.3. PLANOS



ESPECIFICACIONES:

①	Tanque de homogenizador
②	Trampa de grasa
③	Tanque ecualizador
④	Panel Lamelar
⑤	Filtro de carbon
⑥	Criba

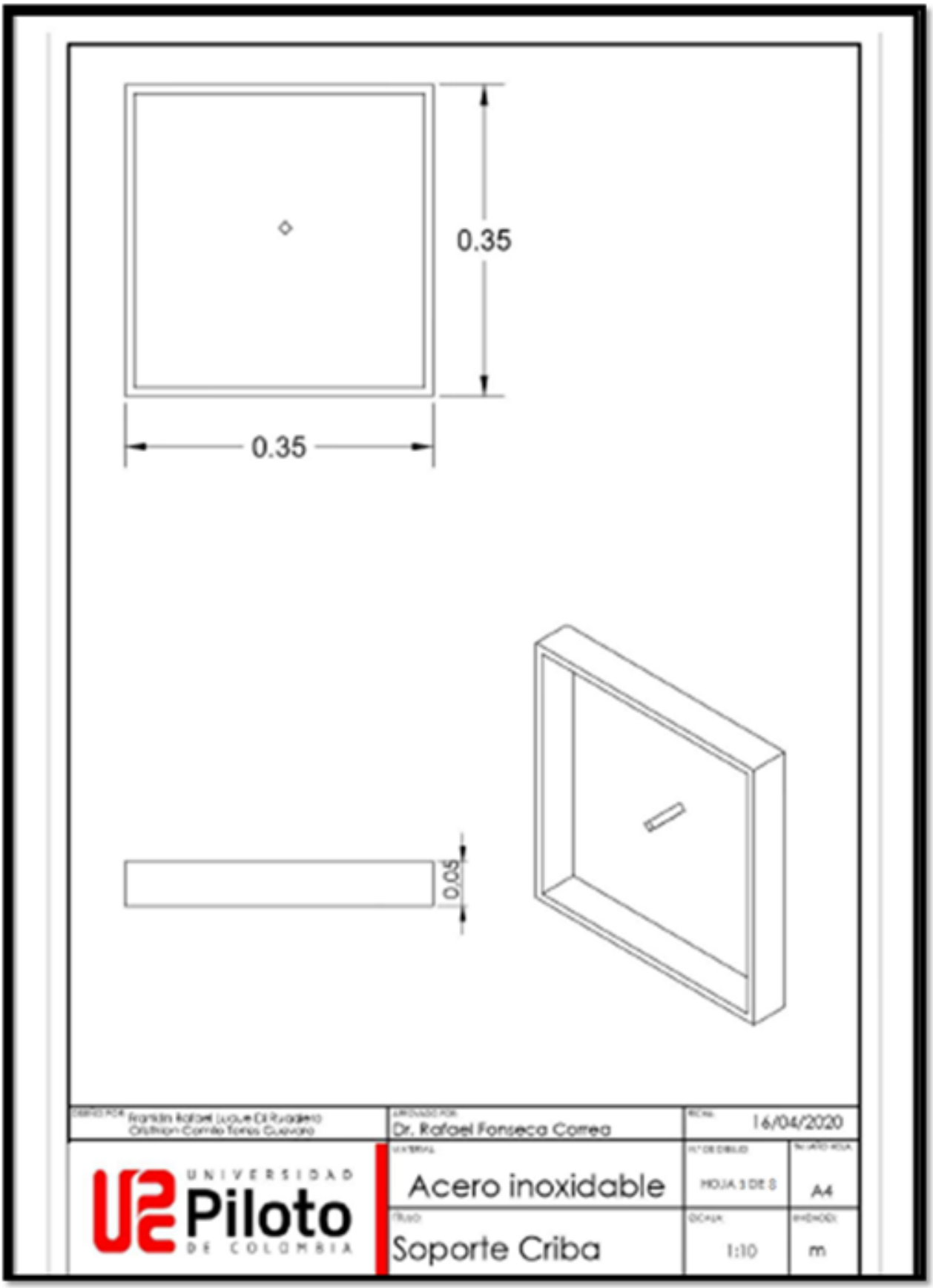
DISEÑO POR: Franklin Rafael Luque Di Ruggiero, Cristhian Camilo Torres Guevara	APROBADO POR: Dr. Rafael Fonseca Correa	FECHA: 16/04/2020	
UNIVERSIDAD Piloto DE COLOMBIA	MATERIAL: Acero inoxidable	N.º DE DIBUJO: HOJA 1 DE 3	TAMAÑO HOJA: A4
	TÍTULO: Vista en perfil	ESCALA: 1:10	UNIDADES: m

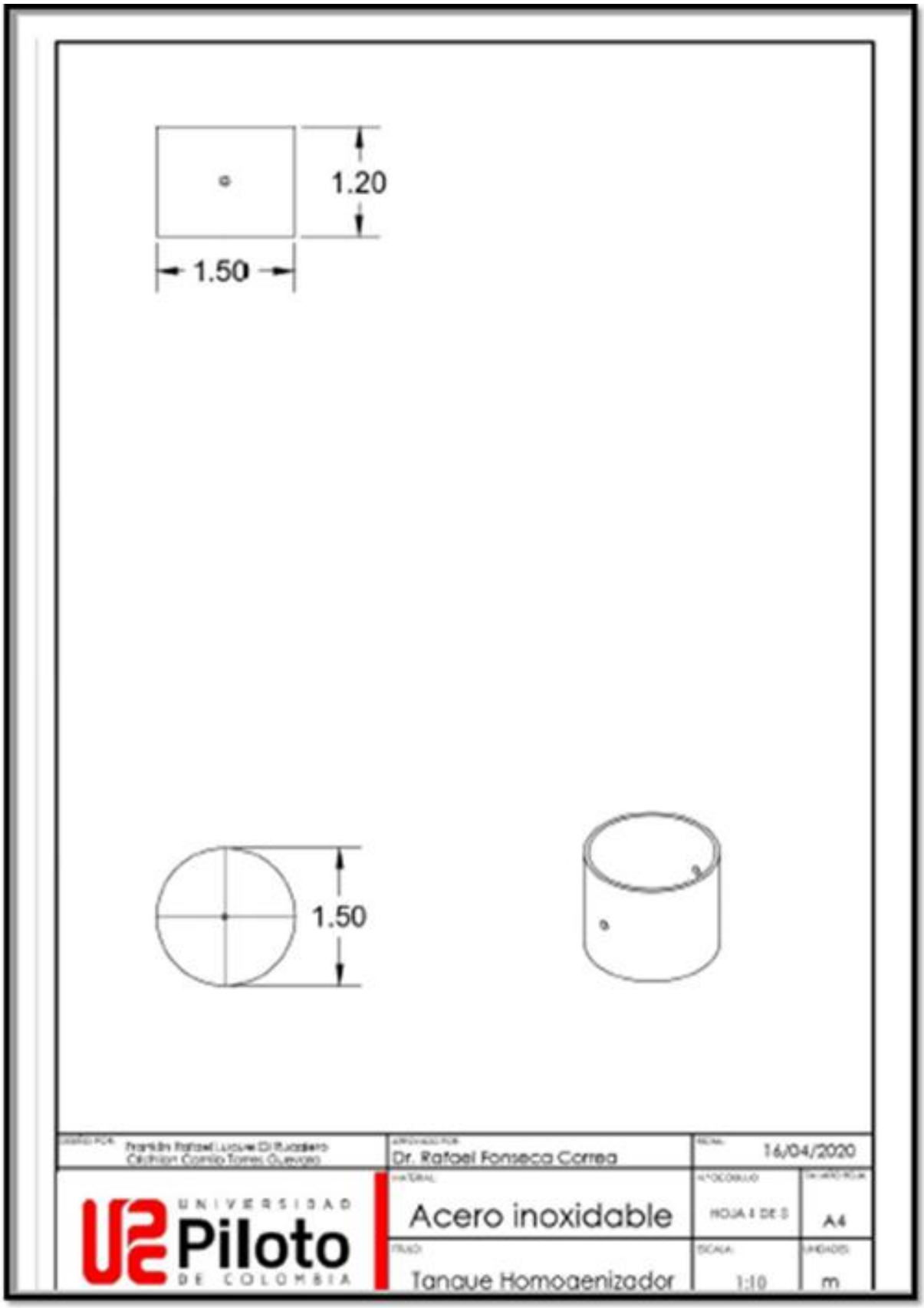


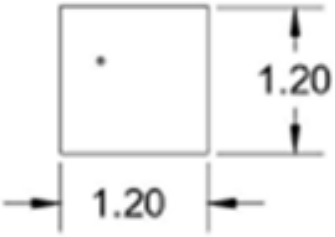
ESPECIFICACIONES:

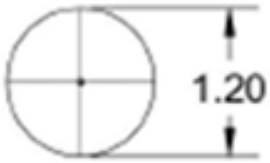
①	Tanque de homogenizador
②	Trampa de grasa
③	Tanque ecualizador
④	Panel Lamelar
⑤	Filtro de carbon
⑥	Criba

DISEÑO POR: Franklin Rafael Luque El Rodadero, Cristian Camilo Torres Guevara	APROBADO POR: Dr. Rafael Fonseca Correa	FECHA: 16/04/2020	
UNIVERSIDAD Piloto DE COLOMBIA	MATERIAL: Acero inoxidable	N.° DE DIBUJO: HOJA 2 DE 8	TAMAÑO HOJA: A4
	TÍTULO: Vista en planta	ESCALA: 1:10	UNIDADES: m

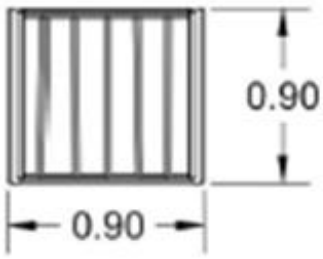

0.35
0.35
0.05
Dr. Rafael Fonseca Correa
16/04/2020
Acero inoxidable
HOJA 3 DE 8
A4
Soporte Criba
1:10
m
UNIVERSIDAD
Piloto
DE COLOMBIA

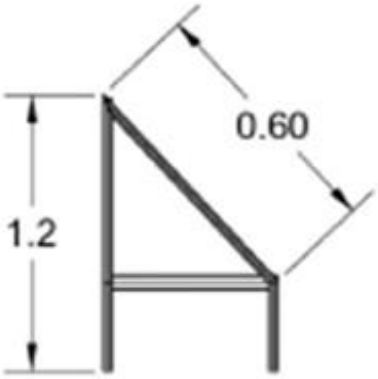

1.20
1.50
1.50
Dr. Rafael Fonseca Correa
16/04/2020
Acero inoxidable
HOJA 4 DE 5
A4
Tanque Homogenizador
1:10
m
UNIVERSIDAD
Piloto
DE COLOMBIA



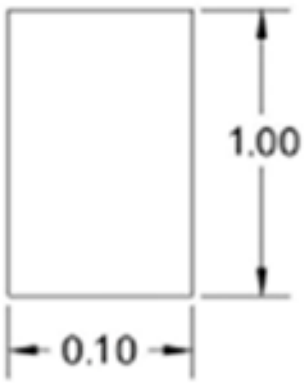


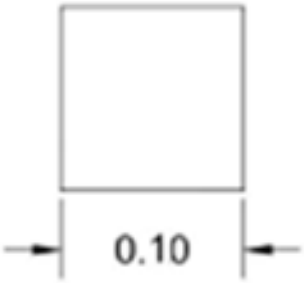
DIBUJADO POR: Brandón Rafael Ludwig El Rudaiseno, Cristhian Camilo Torres Quevaro	APROBADO POR: Dr. Rafael Fonseca Correa	FECHA: 16/04/2020	
UNIVERSIDAD Piloto DE COLOMBIA	MATERIAL: Acero inoxidable	N.° DE DIBUJO: HOJA 5 DE 8	TAMAÑO POR: A4
	TITULO: Tanque Ecualizador	ESCALA: 1:10	UNIDADES: m

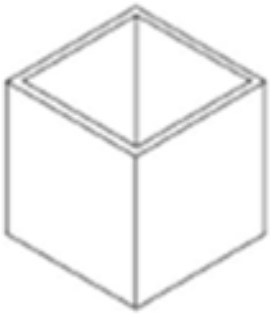




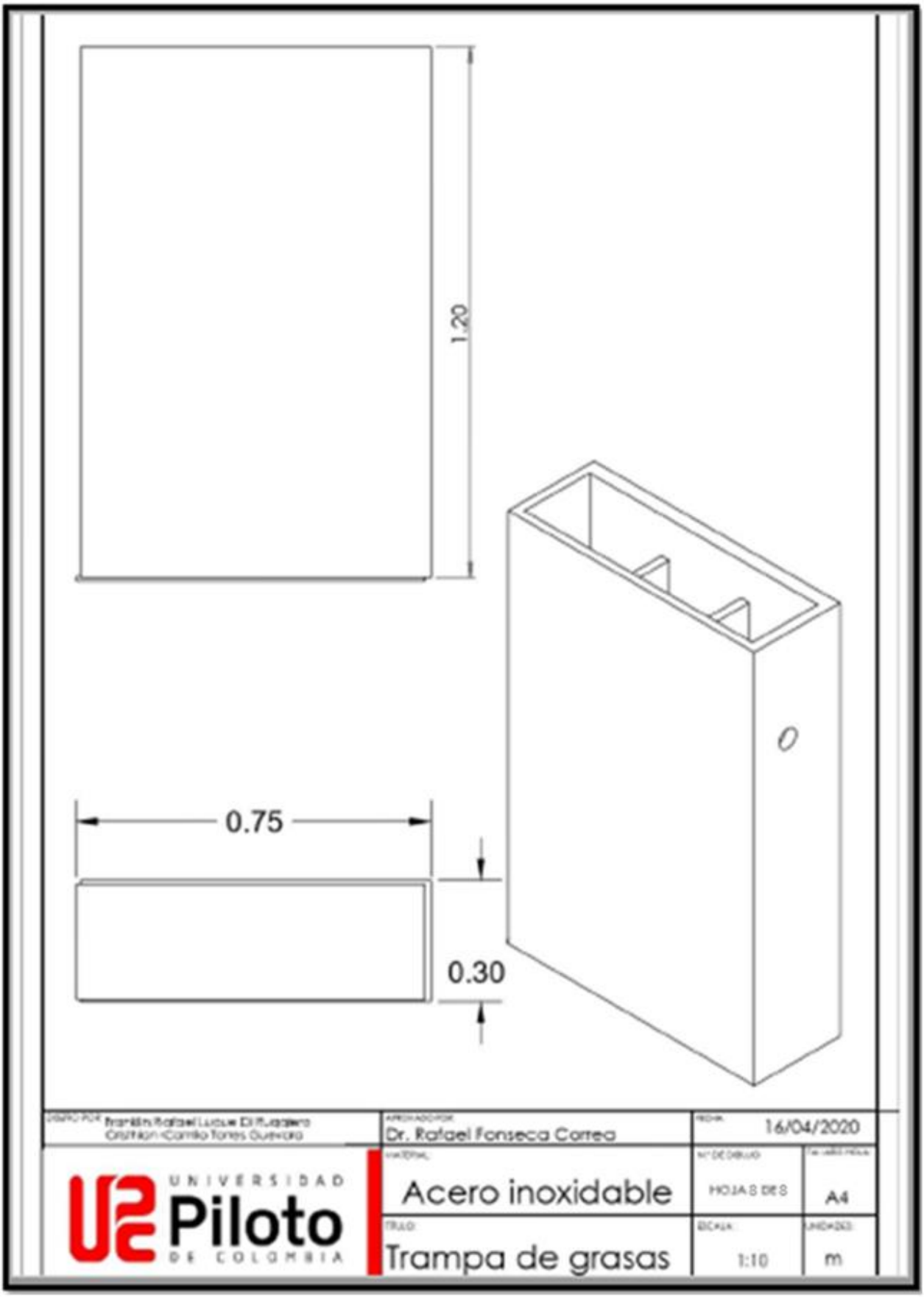
DISEÑO POR: Franklin Rafael Luque Di Ruzzaliero, Cristian Camilo Torres Guevara	APROBADO POR: Dr. Rafael Fonseca Correa	FECHA: 16/04/2020	
UNIVERSIDAD Piloto DE COLOMBIA	MATERIAL: Acero inoxidable	N.° DE DIBUJO: HOJA 6 DE 8	TAMAÑO: A4
	TÍTULO: Panel lamelar	ESCALA: 1:10	UNIDADES: m







DIBUJADOR: Nanlan Rafael Luque Enriquez, Cristian Camilo Torres Guevara	APROBADOR: Dr. Rafael Fonseca Correa	FECHA: 16/04/2020	
UNIVERSIDAD Piloto DE COLOMBIA	MATERIAL: Acero inoxidable	Nº DE DIBUJO: HOJA 7 DE 8	TAMAÑO: A4
	TITULO: Filtro carbón activo	ESCALA: 1:10	UNIDADES: m


1.20
0.75
0.30
Dr. Rafael Fonseca Correa
16/04/2020
Acero inoxidable
HOJAS DES
A4
Trampa de grasas
1:10
m
UNIVERSIDAD
Piloto
DE COLOMBIA