

SISTEMA DE FILTRADO PARA EL TRATAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO QUE  
INGRESA AL HUMEDAL EL BURRO

Giovanni Alexander Mususú Velásquez

gmususu084@uan.edu.co

Marcela Garzón García

mjgarzon@uan.edu.co

FACULTAD DE ARTES  
PROGRAMA DE DISEÑO INDUSTRIAL  
UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO

2.020

# **SISTEMA OBJETUAL PARA TRATAMIENTO PRIMARIO EN LOS ACCESOS ACUÍFEROS DEL HUMEDAL EL BURRO**

## **RESUMEN**

Contaminación, enfermedad y peligro de extinción; son las principales consecuencias que acechan a los humedales urbanos en Bogotá, debido al mal uso que se da a los cuerpos de agua que atraviesan la ciudad, partiendo de esto, este proyecto busca brindar una alternativa a esta necesidad a través de los principios de sedimentación laminar y fitorremediación.

## **ABSTRACT**

Pollution, disease and danger of extinction; are the main consequences that threaten urban wetlands in Bogotá, due to the misuse that is given to the bodies of water that cross the city, based on this, this project seeks to provide an alternative to this need through the principles of sedimentation laminar and phytoremediation.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Al igual que este proyecto, mis agradecimientos son a la tierra, al milagro de la vida que existe en ella, a todas las coincidencias, accidentes y hechos que permitieron la vida humana.

Por otro lado, agradezco a mis padres, que sin importar las condiciones me brindaron: la educación, los valores y el apoyo para realizar mis estudios. A mis hermanas por: sus concejos. A mi perro Max por esperarme mientras trasnochaba en este arduo camino.

Un agradecimiento a los profesores y en especial a mis tutores: Wilmer R., Jorge B. y Marcela G. quienes me brindaron de la mejor forma sus conocimientos, al igual que, desmontaron esos bloqueos creativos y obstáculos que se presentaban. A mis compañeros de lucha, quienes aportaron un grano de arena en mi vida académica y personal. En especial a quienes puedo llamar amigos: Cesar Díaz y Daniel Ovalle. Un agradecimiento a mi amigo y vecino Michael Torres y al activista ambiental y ejemplo a seguir Alejandro Torres, con quienes se trabajó interdisciplinariamente para dar una respuesta más aterrizada en la labor de rescatar estos importantes biomas. A mi actual pareja Yersy Rincón, quien me acompañó en las pruebas sin importar el tiempo que estas tomaran y por apoyar con su conocimiento profesional.

Y a ti, quien en este momento por accidente, curiosidad o pasión por el cuidado al medio ambiente estas leyendo este, mi trabajo de grado.

# INDICE

RESUMEN.....	2
ABSTRACT.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
FORMULACIÓN DE LA OPORTUNIDAD.....	16
JUSTIFICACIÓN.....	17
OBJETIVO GENERAL.....	18
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	18
MARCO TEÓRICO.....	19
1. CONTEXTO.....	19
1.1. Humedales.....	19
1.2. Humedal el burro.....	23
1.3. Actores.....	26
2. Contaminación.....	27
2.1. Tipos de contaminación acuífera.....	27
2.2. Peligro de extinción.....	27
2.3. PTAR.....	28
2.4. Fitorremediación.....	29
3. Normatividad.....	30
4. Diseño industrial.....	30
4.1. Postura del diseño frente al proyecto.....	30
5. Desarrollo.....	32
5.1. Primer objetivo.....	32
5.2. Segundo objetivo.....	44
5.2.1. Planimetría de dispositivo.....	44
5.3. Tercer objetivo.....	51
6. Conclusiones.....	55
7. Alcances.....	56
BIBLIOGRAFIA.....	57
ANEXOS.....	59

## ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Drenaje de la laguna Humboldt.....	8
Ilustración 2 Tinguas pico rojo en el humedal Jaboque entre Basuras y contaminación.....	10
Ilustración 3 Fitorremediación del buchón de agua. ....	11
Ilustración 4 La derrota del buchón en el muña. Recuperado de: <a href="http://www.catorce6.com">www.catorce6.com</a> .....	12
Ilustración 5 Programas de proyectos del PMA humedal el Burro. ....	15
Ilustración 6 Funciones de los humedales.....	20
Ilustración 7 . Rincón, D. (2014). Caudal ecológico humedal Córdoba.....	22
Ilustración 8 Mapa de alcantarillado de la EAAB.....	24
Ilustración 9 Derrame de combustible en vías públicas.....	25
Ilustración 10 Tingua azul, alimentándose entre residuos. ....	25
Ilustración 11 Grasas atrapadas en la barrera de juncos al interior del espejo de agua .....	25
Ilustración 12 Renjifo, Amaya, Burbano y Velásquez (2016) Zambullidor Cira .....	28
Ilustración 13 Phyto SUDOE (s.f.) Esquema de los distintos tipos de fitorremediación. ....	29
Ilustración 14 Mejor resultado evaluación .....	33
Ilustración 15 Separación de grasas .....	33
Ilustración 16 Impacto paisajístico mínimo .....	33
Ilustración 17 Prototipo A .....	35
Ilustración 18 Prototipo B .....	35
Ilustración 19 Prototipo C .....	36
Ilustración 20 Resultados prueba 2.....	37
Ilustración 21 Conclusión prueba principio de sedimentación .....	38
Ilustración 22 Render sistema.....	39
Ilustración 23 . Meerman, J (2004).....	39
Ilustración 24 Render sificonqua 1.0 .....	40
Ilustración 25 Ángulo de inclinación .....	40
Ilustración 26 Unión paredes sedimentadoras .....	40
Ilustración 27 Ángulo de inclinación y bandeja de material sedimentado .....	41
Ilustración 28 Configuración de piezas.....	41
Ilustración 29 Modificación forma del dispositivo.....	41
Ilustración 30 Malla inferior .....	42
Ilustración 31 Bandeja de sedimentación .....	42
Ilustración 32 Paredes flotantes .....	42
Ilustración 33 . Paredes sedimentadoras .....	42
Ilustración 34 Malla posterior. ....	43
Ilustración 35 Tapa. ....	43
Ilustración 36 La Vanguardia (2019) Catamaran. ....	43
Ilustración 37 Render flotabilidad .....	43
Ilustración 38 Planos.....	48
Ilustración 39 Manual ensamble modulo sedimentario .....	49
Ilustración 40 Manual instalación sistema .....	50

Ilustración 41 Prototipo formal-funcional .....	51
Ilustración 42 Prototipo formal-funcional .....	51
Ilustración 43 Prototipo formal-funcional .....	52
Ilustración 44 losas con grasas separadas.....	53
Ilustración 46 Material sedimentado en malla inferior.....	54
Ilustración 45 Material sedimentado en bandeja de sedimentación.....	54
Ilustración 47 Propuesta modificación de malla inferior.....	55

## **TABLAS**

Tabla 1 Esquema de cuencas que alimentan los humedales de Bogotá.....	23
Tabla 2 Esquema agentes protectores.....	26
Tabla 3 tabla de los requerimientos .....	34

## **PLANTEAMIENTO DE LA OPORTUNIDAD**

A comienzos del siglo XX la sabana de Bogotá contaba con más de 50.000 hectáreas de humedales, teniendo una gran riqueza de fauna y flora; pero el desmesurado crecimiento de la ciudad, la falta de planeación y la poca conciencia sobre la importancia de estos ecosistemas, hizo que Moreno, García y Villalba (2001) descubrieran que “[...] de las cincuenta mil hectáreas que cubrían los humedales de la sabana hasta 1940, hoy solo quedan, aproximadamente, mil quinientas.(ver ilustración No.1)” Esas hectáreas fueron drenadas a través de los principales ríos que atraviesan la ciudad, a su vez rellenas con escombros dando paso a centenares de barrios, vías públicas y demás construcciones para el uso humano. Y de estas 1500 hectáreas que restan de humedal en la capital, la alcaldía mayor de Bogotá por medio de la Secretaria Distrital de Ambiente, solamente reconoce y protege 966.

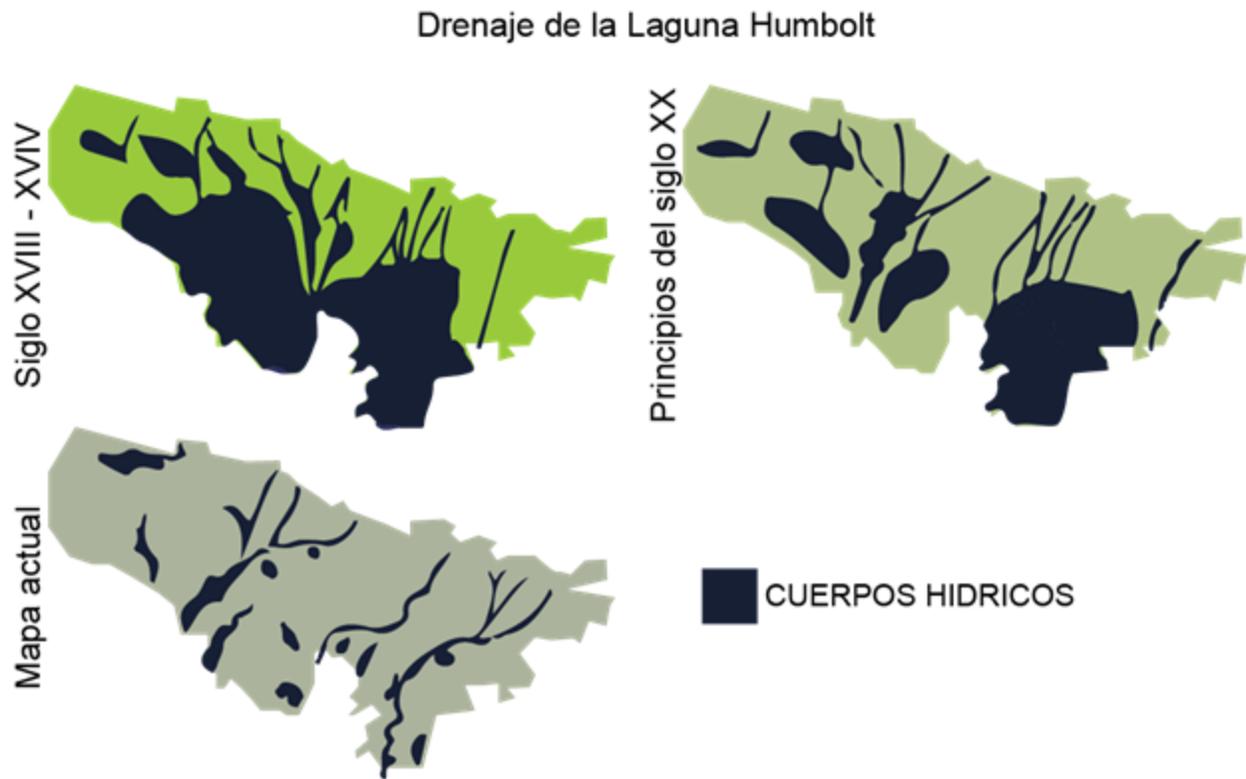


Ilustración 1 Drenaje de la laguna Humboldt.

Es así como lo narra Daniel Fandiño (2018) en un artículo publicado por CARTEL URBANO en su página de periodismo callejero y cultura alternativa:

En aquella época abundaban las especies de flora y fauna, pero las migraciones, la modernización y el crecimiento acelerado durante la segunda mitad del siglo XX, supusieron la expansión de la ciudad de manera no planificada sobre los cerros y los humedales, que sustentaban la rica biodiversidad capitalina.

Es así como se explica la fuerte decadencia de estos espacios de renovación y protección ecológica en la capital colombiana, y en la gran cantidad de países alrededor del mundo, y la pérdida de estos pone en jaque las diversas interacciones biológicas

La importancia de los humedales es alta debido a las funciones que cumplen, sus valores según la convención Ramsar en abastecimiento de agua, pesca, agricultura, producción de madera, recursos energéticos (combustibles y abonos), hábitat de flora y fauna silvestre, estabilizador climático, entre otros. (Ramsar, 2007), estos beneficios nos involucran a todos, es por esto que necesitan de nuestra atención y gestión para preservar estos importantes ecosistemas.

*Los recursos naturales son de gran importancia para el desarrollo de las actividades diarias de los seres humanos; el agua es el recurso natural más importante, puesto que de este dependen todos los organismos vivos que conocemos incluyendo a los seres humanos. Sin agua no habría vida (Idarraga Paez, 2013)*

Si a esta drástica disminución de los humedales, se añade la contaminación crítica que han recibido los ríos y canales que atraviesan Bogotá; y que a su vez, son la fuente hídrica de estos ecosistemas; según Thomas Van Der Hammen los principales recursos naturales son, en un principio renovables, siempre y cuando tengan un adecuado manejo (Van Der Hammen, 2005), pero la cantidad de contaminación que reciben es tal, que el humedal no tiene la capacidad de filtrar y renovar estos recursos, y en lugar de esto altera totalmente el funcionamiento de estos ecosistemas.

La mala condición del agua trae como consecuencia, que muchas especies de fauna se vean obligadas a migrar o en el peor de los casos sea más sensible a enfermedades, alterando su reproducción y comportamiento en general (Zhang & Zhang, 2011), dejándolas en peligro de extinción. O, como se evidenció en la tigua de pico rojo,

mutaciones y “evoluciones” para tener cierta resistencia a este tipo de contaminación, y así adaptarse a vivir entre mugre.



Ilustración 2 *Tinguas pico rojo (Gallinula galeata)* en el humedal Jaboque entre Basuras y contaminación. Fuente: [www.humedalesdebogotá.com](http://www.humedalesdebogotá.com)

Con la flora sucede algo parecido, algunas especies se envenenan y mueren mientras que otras como las que están en contacto con el agua contaminada genera una alteración en su reproducción, como es el caso del buchón de agua o Jacinto de agua (*eichhornia crassipes*) que, al entrar en contacto con aguas altamente contaminadas, acelera su reproducción consumiendo y agotamiento del oxígeno en los espejos de agua, erradicando especies acuáticas, y por esto se le llega a considerar una maleza. “Las especies que se dispersan naturalmente o con ayuda del hombre, y que tienen éxito en nuevos ambientes, se les considera naturalizadas, pero también invasoras y malezas” (Rial, 2013)..

A pesar de algunos estudios del buchón de agua confirmaron que “se ha encontrado que esta planta puede ser también benéfica pues se ha utilizado en procesos de fitorremediación por su carácter altamente hidrofílico que la convierte en un buen adsorbente” (Atehortua & Gartner, 2013). Gracias a la capacidad de fitorremediación de esta planta la convierte en un buen filtro biológico; pero la reproducción de esta es el problema, ya que necesita de mucho mantenimiento para lograr un beneficio en estos ecosistemas.

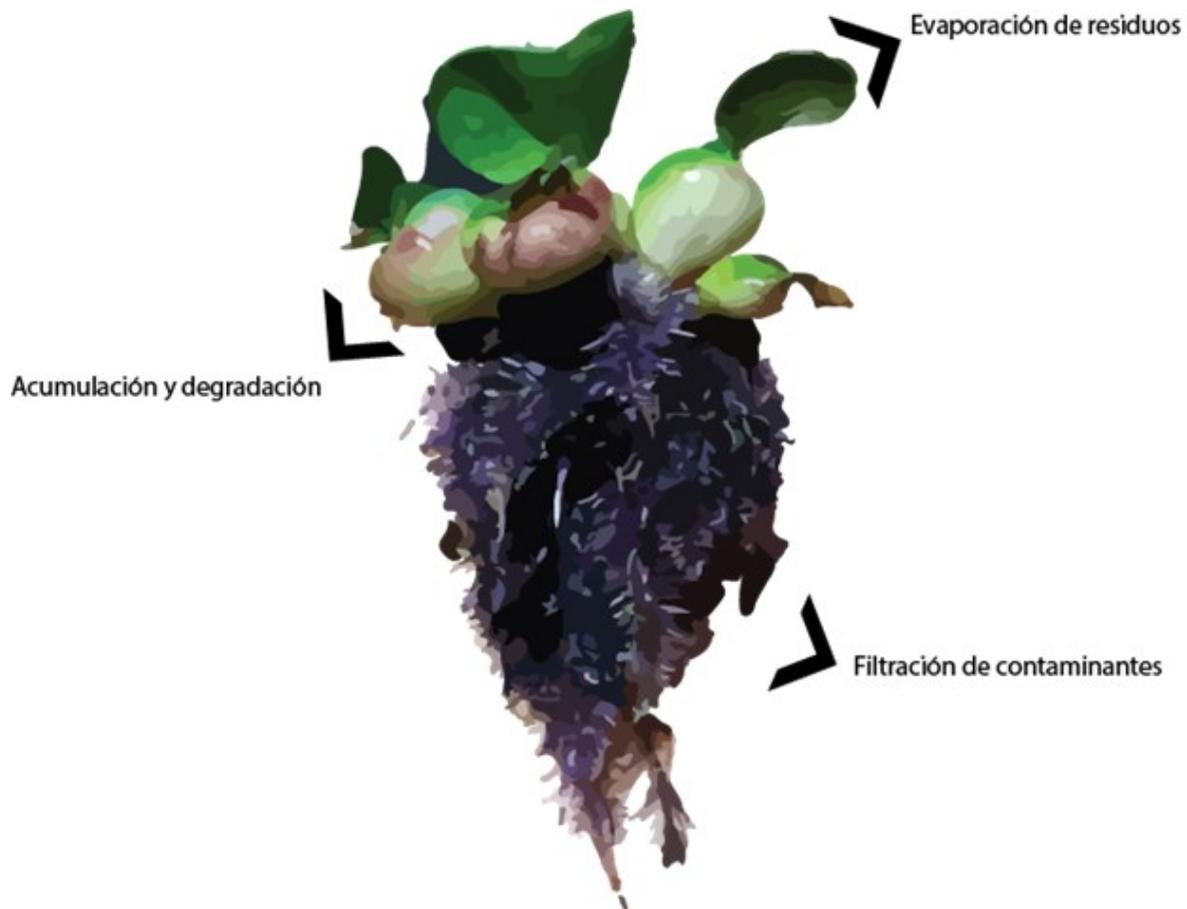


Ilustración 3 Fitorremediación del buchón de agua. *Elaboración Propia.*

Es por esta razón que el buchón de agua entró a Bogotá; fue en el caso del embalse del muña, el cual fue construido por la empresa de energía de Bogotá en la década de los 40's por la Empresa de Energía de Bogotá (EEB), con el fin de generar energía;

pero en 1967 la EEB, decidió agregar al embalse agua proveniente del río Bogotá, generando un gran daño ecológico por la contaminación de este afluente, y como explica la revista ambiental **Catorce6** en una publicación del tema “se introdujo al buchón para que la limpiara. No obstante, el aporte de nutrientes fue tan vasto debido a la contaminación, que la planta sobrepasó su reproducción y se extendió por todo el cuerpo de agua.”(Barrera,2015)



Ilustración 4 La derrota del buchón en el muña. Recuperado de: [www.catorce6.com](http://www.catorce6.com)

Teniendo en cuenta esto, es necesario tener una planta que cumpla el papel de fitorremediación, debido a contaminación que llega a los humedales bogotanos por las cuencas que los alimentan; pero este debe ser una planta endémica para evitar que en un futuro se convierta en un problema para el ecosistema.

Es así como lo evidenció Jorge E. Escobar, miembro de la fundación humedales de Bogotá en una publicación a través de la página de la fundación “El estado de alteración y degradación de los Humedales en Bogotá no tolera los meses de abandono en el que se encuentran, los ecosistemas han sido gravemente afectados y por si solos no pueden recuperarse.” (Escobar, 2012), allí mismo nos muestra las diferentes amenazas en 9 humedales recorridos, donde se destaca los residuos sólidos arrojados a estos ecosistemas, el vertimiento de aguas residuales y la reproducción sin control del buchón de agua en los espejos del humedal, este último problema lo comparten los humedales Tibabuyes, Jaboque, Tibanica, La Vaca, El Burro y Techo, de los 9 que se visitaron.

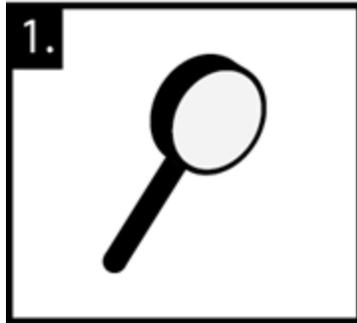
Cada uno de los humedales declarados como PEDH, debe tener un administrador, el cual cumple con la función de brindar cifras y reportes del estado en el ecosistema y a su vez desarrollar planes que contribuyan en la rehabilitación del mismo; el problema es que se queda más en cifras y reportes que en acciones en pro del cuidado y restauración, sentenciando un futuro incierto para estos lugares de importancia ecológica. De acuerdo con la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (2016), afirma que:

[...] Todas estas acciones en conjunto le restan cada vez más espacio al agua, que además se contamina, limitando con esto las dinámicas naturales, cortando los pulsos estacionales que tenían una íntima relación entre los humedales y los ríos, con sus cuencas o microcuencas asociadas, desequilibrando los ciclos de las especies silvestres a ellos asociadas, los peces, aves, anfibios e invertebrados y transformando las condiciones de sus hábitats, algunas veces de forma irreversible, conduciéndolos a la extinción  
[...] (p.24)

A raíz de esta problemática, la alcaldía expide el decreto 062 del año 2006, en el cual “se establecen mecanismos. Lineamientos Y directrices para la elaboración Y ejecución de los respectivos Planes de manejo ambiental para los humedales ubicados dentro del Perímetro urbano del Distrito Capital.” (Decreto No.062, 2006) Cuyo objetivo es promover la recuperación y preservación de estos ecosistemas.

Posteriormente en el año 2008 a través de la resolución 4383 de la Secretaría Distrital de ambiente “Por medio de la cual se aprueba el Plan de Manejo Ambiental del humedal Burro.” (Resolución No.4383, 2008) en él, se estipulan las acciones planteadas en pro de manejo óptimo en estos ecosistemas, en el siguiente esquema (ver ilustración No.5) se exponen los 5 programas de proyectos planteados en el plan.

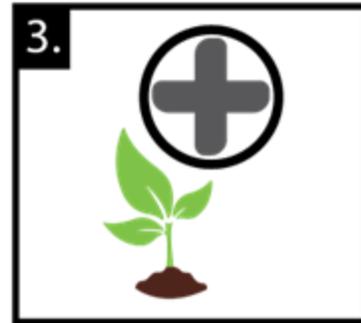
## PMA PEDH EL BURRO



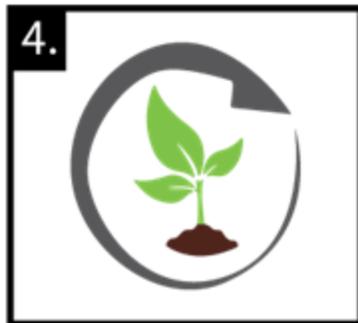
1. investigaciones, estudios, mediciones informes sobre el estado del ecosistema fauna, flora, contaminación, etc.



2. Aula ambiental, reconstrucción de memoria colectiva, sensibilización de la comunidad frente a la importancia del ecosistema.



3. Fortalecimiento, análisis de alternativas control de basuras y conexiones erradas diseño de sistema para biotratamiento y demás proyectos con el fin de restaurar el ecosistema.



4. Estudios, proyectos y adecuaciones en torno al manejo y uso sostenible de los recursos naturales en el humedal .



5. Coordinación interinstitucional de las instituciones y colectivos sociales con el Plan de Manejo Ambiental del Humedal El Burro

Ilustración 5 Programas de proyectos del PMA humedal el Burro. Elaboración: Propia basada en PMA<sup>1</sup>.

En síntesis, el agua de los humedales debe ser filtrada antes de ingresar al mismo, ya que de la calidad de este importante recurso depende una inmensa cadena de interacciones ecológicas, entre la biota allí existente y de esta forma contribuir en la conservación de estos importantes ecosistemas.

<sup>1</sup> Plan de Manejo Ambiental Humedal el Burro. Para mayor información consultar: <http://ambientebogota.gov.co/documents/21288/178057/PMA-EIBurro.pdf>

## **FORMULACIÓN DE LA OPORTUNIDAD**

¿De qué forma, el diseño industrial puede promover la restauración ecológica que se plantea en el PMA del humedal el burro?

## JUSTIFICACIÓN

Partiendo de las problemáticas expuestas en el planteamiento y la formulación de la oportunidad, es evidente la deteriorada calidad de vida que ofrece los ecosistemas del humedal que se encuentran en el perímetro urbano de Bogotá. El destino de la biota que interactúa en estos, está en manos de las acciones que se decidan tomar por parte de las instituciones y la misma comunidad.

En el primer caso, es decir las instituciones, se encuentran algunas leyes cuyo objetivo es brindar protección a los humedales y demás biomas; a nivel distrital la alcaldía mayor de Bogotá expide el decreto 062 de 2006, por medio de la cual establece lineamientos y directrices para la elaboración y ejecución de los respectivos planes de manejo ambiental para los humedales capitalinos con el fin de instaurar programas de trabajo para desarrollar las acciones en pro de la restauración ecológica y preservación de estos ecosistemas. Posterior a este decreto, la Secretaría Distrital de Ambiente emite la resolución 4383 de 2008, en ella se aprueba el plan de manejo ambiental del humedal el burro. En este plan se encuentra el proyecto E del programa No.3, en el cual plantea el Diseño y construcción de sistemas de biotratamiento del humedal El Burro con la pretensión de mejorar las condiciones de calidad de agua aferente al humedal.

A pesar de estas intenciones de promover una restauración ecosistémica por parte de los organismos gubernamentales a través de leyes, lo cierto es que aún faltan muchos proyectos del PMA por llevarse a cabo, y es aquí donde este proyecto encuentra un espacio al promover la recuperación de las características biológicas en estos espacios y así llevar al plano real lo que se planea en el proyecto E del programa No.3. Ahora, este proyecto al tener un componente medioambiental y de principios tecnológicos de tratamiento de aguas residuales, se sitúa dentro de las líneas de investigación de la facultad de Artes, los cuales son: Diseño y Medio Ambiente, y Desarrollo y Gestión Tecnológica de la Universidad Antonio Nariño.

## **OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un sistema de filtrado semiautónomo del recurso hídrico que ingresa al Humedal El Burro con el fin de ser una propuesta para promover la restauración ecológica planteada en el Plan de Manejo Ambiental.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Determinar características funcionales y formales del sistema que se articulen y adapten a las diversas intervenciones biológicas propias del ecosistema, causando el menor impacto en el ambiente.
2. Establecer los mecanismos de uso, instalación y mantenimiento del sistema a partir del análisis del contexto y actores involucrados.
3. Evidenciar la validación del sistema en su entorno de trabajo y comprobar si su función es óptima para retirar estos contaminantes del recurso hídrico.

## **MARCO TEÓRICO**

### **1. CONTEXTO**

#### **1.1. Humedales**

##### **1.1.1. ¿Qué son?**

Los humedales son ecosistemas híbridos entre la tierra y el agua, “[...] donde el agua es el principal controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a él.” (Ramsar, 2007). Por consiguiente, son biomas con áreas inundables y estas pueden ser tanto permanentes como temporales, generando características que favorecen las grandes redes de interacciones biológicas que en estos espacios se llevan a cabo.

##### **1.1.2. Funciones.**

Los humedales son de gran importancia para los seres vivos, ya que sus complejas redes de relaciones cumplen funciones desde protección, hasta la producción de alimento, es así como lo afirman Moreno, García y Villalba (2001) quienes señalan que: “Por sustentar una rica diversidad biológica y extensas redes alimentarias; a los humedales se les denomina “supermercados biológicos” y por las funciones que desempeñan en los ciclos hidrológicos y químicos se les describe como “riñones del medio natural””(p.3). También se puede agregar que, son esponjas de agua en temporada de lluvias y abastecen este importante recurso en temporada de sequía y como si fuera poco ayuda a mitigar el calentamiento global, ya que retienen grandes cantidades de gases que provocan el efecto invernadero en la atmósfera terrestre. Por todo lo anterior, estas son las funciones de mayor relevancia que los humedales les brinda a los seres vivos que habitan y visitan estos ecosistemas, es por esto que se ve la necesidad de conservarlos y reconstruirlos, entenderlos como parte del entorno, del día a día y no como un sistema aislado e inherente al hombre. En el siguiente esquema se evidencian las funciones mencionadas anteriormente:



*Ilustración 6 Funciones de los humedales. Elaboración: propia.*

### 1.1.3 Humedales de Bogotá

Bogotá cuenta con gran riqueza en cuanto al recurso hídrico, esto debido a que se encuentra entre la cordillera oriental. La altura es ideal para la creación de páramos, y estos generan ríos que a su vez alimentan los humedales que se encuentran en el paso de estos. La pregunta es, ¿por qué Bogotá cuenta con una gran cantidad de humedales?, la explicación radica en que, hace unos 100 millones de años cuando se desprendía del costado sur-occidental del continente africano una gran porción de tierra que posteriormente se desplazaría a través del océano atlántico hasta chocar con la placa de Nazca y así dar origen al continente suramericano. Antes de chocar contra la placa de Nazca, el territorio que hoy conforma a Colombia estaba bajo el mar, debido al choque entre las dos placas tectónicas, emerge de las profundidades el territorio colombiano y la presión del impacto generó la creación de la cordillera de los andes. Debido a esto, en la sabana de Bogotá, queda atrapado un gran cuerpo de agua el cual lo denominaron laguna de Humboldt, esta laguna fue drenada al pasar de los años, dejando a su paso 50.000 hectáreas de humedales en Bogotá (Silva, 2011). De las cuales hoy sólo restan alrededor de 1.500, pero solo 966 declaradas como PEDH y a su vez protegido por la alcaldía capitalina.

### **1.1.3. Problemática**

Los humedales son alimentados por las distintas quebradas, ríos y canales pluviales que atraviesan la ciudad, que de alguna manera son afectados por las distintas zonas comerciales, mecánicas, domésticas y vías públicas de la ciudad. Aspectos que han traído consecuencias para estos ecosistemas. La fauna entra en contacto con estas aguas contaminadas y por su precaria calidad contraen enfermedades, lo cual genera problemas en la etapa reproductiva de las diferentes especies, poniendo a estas en peligro de extinción. Ahora, al mejorar las condiciones del agua favorece al ecosistema ayudando en su conservación.

Un ejemplo de ello, es el humedal Córdoba que realizó la construcción de un caudal ecológico (ver ilustración No.7), cuyo objetivo es garantizar que la calidad de agua tomada de la quebrada Santa Bárbara, llegue al humedal sin tener afectaciones al cruzar la ciudad con el fin de purificar el espejo de agua de este ecosistema. Los resultados han sido satisfactorios, a pesar de ser una alternativa bastante costosa y complicada de realizar, ya que es necesario realizar la canalización atravesando una gran área urbana desde los cerros orientales hasta el humedal.



*Ilustración 7 . Rincón, D. (2014). Caudal ecológico humedal Córdoba  
Recuperado de: [www.humedalesdebogotá.com](http://www.humedalesdebogotá.com)*

En el siguiente diagrama (ver ilustración No.8) se explica la problemática de los humedales de Bogotá, los principales accesos acuíferos de donde provienen las aguas que los alimentan y los tipos de actividades humanas que los contamina con residuos al paso de sus recorridos.

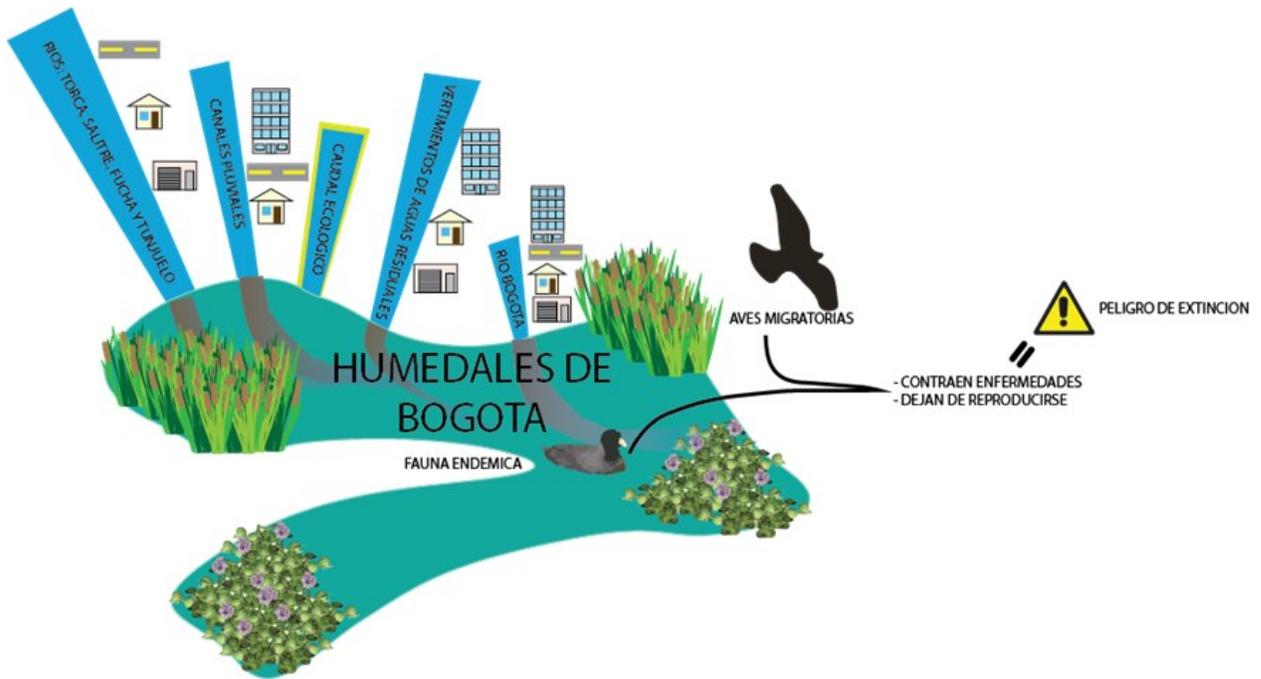
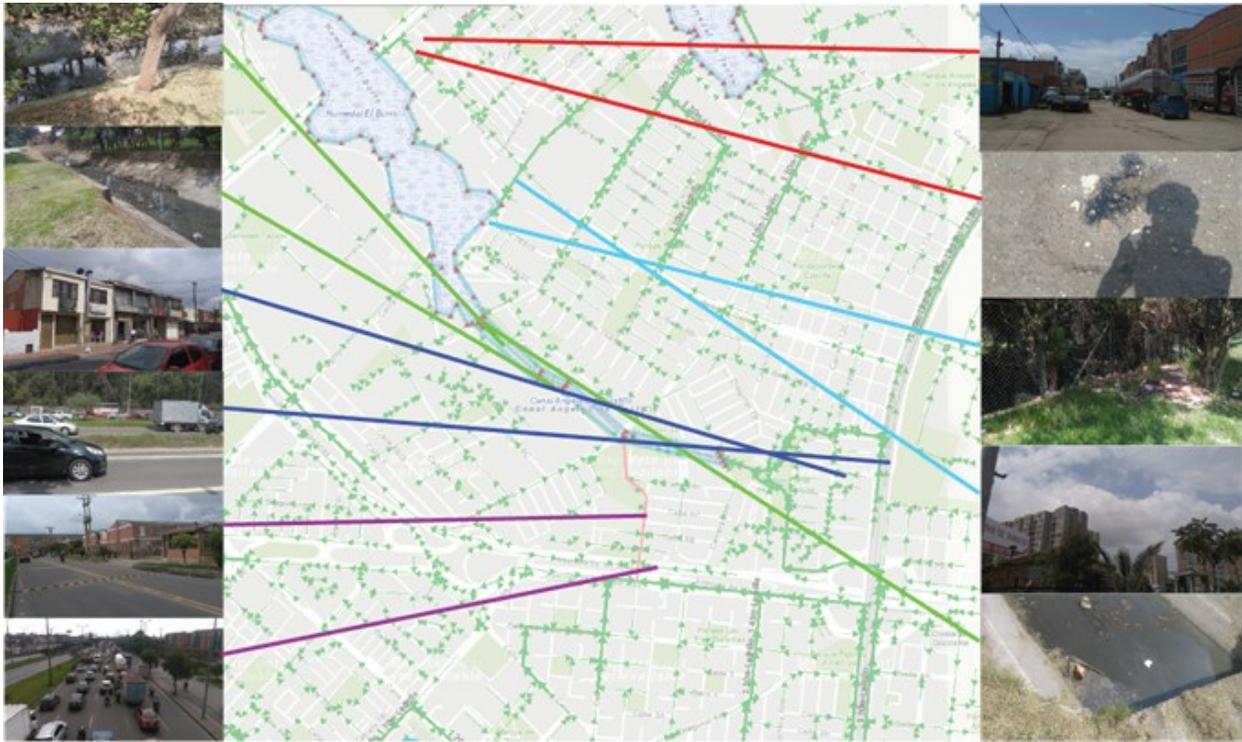


Tabla 1 Esquema de cuencas que alimentan los humedales de Bogotá. Elaboración: Propia

Como se puede observar en la ilustración anterior, los principales factores que contaminan los accesos acuíferos son sectores: residenciales, empresariales, industriales, vías públicas. Estos llevan sus aguas residuales a través de desagües y conexiones erradas tanto a los distintos ríos como canalizaciones pluviales, sin ningún tipo de tratamiento previo. Estas aguas llegan a los humedales, donde deterioran la salud de la fauna allí existente, entrando en una situación de peligro de extinción debido al bajo índice de reproducción, resultado de estas actividades humanas mal planificadas.

## 1.2. Humedal el burro

Por cuestiones de accesibilidad se decidió tomar el humedal el burro para hacer las pruebas de este proyecto. Este humedal se encuentra ubicado en la localidad de Kennedy, al occidente limita con el barrio Tintal, al oriente con el barrio castilla, al sur con la avenida de las Américas y al norte con el barrio Valladolid. La principal fuente que lo alimenta proviene del canal Ángeles de Castilla, el cual lleva las aguas del alcantarillado pluvial de las zonas aledañas.



*Ilustración 8 Mapa de alcantarillado de la EAAB modificado con un análisis del contexto del alcantarillado pluvial.*

Partiendo de lo mencionado en el párrafo anterior, se realizó un recorrido en las diferentes zonas ya que de estas se recogen las aguas que son direccionadas por la red de alcantarillado pluvial de la EAAB expuesta en el mapa anterior, (ver ilustración No.8). Asimismo, a los lados de la ilustración se encuentra la evidencia fotográfica de este recorrido, en el que se observa que son sectores residenciales, que tiene tres vías públicas principales (avenida Américas, avenida ciudad de Cali y avenida Boyacá) y a su vez una zona de mecánica pesada. Los tres son sectores de alto impacto en el sistema de cuencas que alimentan a este humedal. En estos, se desarrollan actividades tales como el lavado de casas y carros. En este último, se evidencian fugas que tienen algunos automotores de líquidos en las calles (ver ilustración No.9), también se suma a esta lista, las conexiones erradas de casas y conjuntos residenciales los cuales llenan de contaminantes el recurso hídrico por consiguiente afectando el equilibrio del ecosistema.



*Ilustración 9 Derrame de combustible en vías públicas. Elaboración: Propia.*

Pero ¿qué pasa dentro del humedal, cómo se ve este impacto en él?, pues al ingresar el agua cargada de contaminantes al ecosistema, pierde velocidad, permitiendo la suspensión de las grasas y demás componentes debido a su densidad, el inconveniente es que quedan atrapados en la vegetación acuática (ver ilustración No.10), que a su vez cumple la función de refugio y provee alimento para la fauna (ver ilustración No.11)



*Ilustración 11 Grasas atrapadas en la barrera de juncos al interior del espejo de agua. Elaboración: Propia.*



*Ilustración 10 Tingua azul, alimentándose entre residuos. Elaboración: Propia.*

### 1.3. Actores

Alrededor de estos ecosistemas se conectan varios actores, desde la biota que habita en ellos y las actividades que lo contaminan, hasta las distintas organizaciones e instituciones que buscan protegerlos. Entonces, en el aspecto negativo se encuentra que, los principales agentes que amenazan a estos ecosistemas son: Primero, las comunidades vecinas al humedal, las cuales afectan principalmente con conexiones erradas junto a químicos para la limpieza. Segundo, vías públicas, que arrastran aceites, combustibles y microplásticos entre otros sedimentos. Por último, existen amenazas de origen biológico, tanto depredadores de fauna como plantas invasoras. Por otro lado, hablando del aspecto positivo que se encuentran dentro de los actores, es decir, aquellos que buscan proteger y preservar estos ecosistemas. Se clasifican en cuatro grupos principales: 1) Activistas ambientales. 2) Actores sin ánimo de lucro. 3) Actores gubernamentales. 4) Leyes y decretos.(ver esquema No.2).



Tabla 2 Esquema agentes protectores. Elaboración: Propia.

## **2. Contaminación.**

### **2.1. Tipos de contaminación acuifera**

La contaminación hídrica tiene varios tipos, los principales que afectan al humedal anteriormente presentado son: *Contaminación química*, debido a componentes que se suelen usar para actividades como destapar cañerías y aseo; *Contaminación por material particulado*, en este encontramos residuos sólidos (basura), materia sedimentada y suspendida que por su composición molecular, no se mezcla con el agua; *Contaminación por exceso de nutrientes*, genera la actividad de microorganismos, los cuales agotan el oxígeno presente en el agua.

### **2.2. Peligro de extinción**

Dado lo anterior, es precisamente las condiciones que deterioran la calidad de los recursos que las distintas especies de fauna necesitan: contrayendo enfermedades, afectando sus procesos de reproducción y dejándolas más cercanas al peligro de extinción (Zhang & Zhang, 2011). De esta manera, no solamente afecta a la fauna endémica y migratoria del humedal el burro. A continuación, se expondrá un ejemplo de ello:

El Zambullidor cira o Podiceps andinus (ver ilustración No.12) fue una especie de ave acuática que habitaba en los departamentos de Cundinamarca y Boyacá. Vivía en cuerpos hídricos entre espesos bancos de juncas a sus orillas, pero, la unión de factores como: la caza, la contaminación de las aguas y el drenaje de estos ecosistemas provocaron la reducción de ejemplares de la especie, a tal punto que en el año 1977 se registrará su último avistamiento. Por lo cual, es la primera ave declarada como extinta en el territorio colombiano según (Renjifo, Amaya, Burbano y Velásquez, 2016).



Ilustración 12 Renjifo, Amaya, Burbano y Velásquez (2016) Zambullidor Cira (*Podiceps Andinus*). Recuperado de: <http://www.humboldt.org.co/es/i2d/item/1191-libro-rojo-aves-colombia-2>

### 2.3. PTAR

Ahora se iniciará con la definición del concepto de Planta de Tratamiento de Agua Residual (PTAR). De acuerdo con la Corporación Autónoma Regional (s.f.) lo define como: “[...] el conjunto de obras, instalaciones y procesos para tratar las aguas residuales, con material disuelto y en suspensión usadas por una comunidad o industrial” (p.1). Es decir, tiene el objetivo de minimizar el impacto ambiental que estos desechos generan en el recurso hídrico. De acuerdo a Collazos (2008) (citado en Lizarazo y Orjuela, 2013) en dichas plantas existen 3 tipos de tratamientos:

- Procesos físicos: Remoción de material en suspensión, rejillas, trituradores, sedimentador primario, espesadores y filtración.
- Procesos químicos: Aplicación de productos químicos para la eliminación o conversión de los contaminantes. Precipitación, adsorción y desinfección.
- Procesos biológicos: Se llevan a cabo gracias a la actividad biológica de los microorganismos. Eliminación de las sustancias orgánicas

biodegradables presentes, eliminación del N y P y producción de gases.  
(p.42)

## 2.4. Fitorremediación

Según los autores Delgadillo, González, Prieto, Villagómez y Acevedo (2011): “La fitorremediación aprovecha la capacidad de ciertas plantas para absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o sedimentos como: metales pesados, metales radioactivos, compuestos orgánicos y compuestos derivados del petróleo.” (p.597). Esto nos da a entender que, algunas plantas tienen la función de filtro para transformar diversos elementos contaminantes presentes en el entorno donde estas se encuentran. Ahora bien, existen cuatro tipos de fitorremediación (ver ilustración No.13) : *Fitoextracción*, la planta extrae la contaminación; *Fitoestabilización*, proceso de estabilización de los contaminantes a través de sus raíces; *Rizodegradación*, estos contaminantes son degradados debido a la actividad de microorganismos promovida por sustancias segregadas de sus raíces; *Fitovolatilización*, la planta absorbe los contaminantes y libera por medio de sus hojas una sustancia menos tóxica. (Phyto SUDOE, s.f.<sup>2</sup>)



Ilustración 13 Phyto SUDOE (s.f.) Esquema de los distintos tipos de fitorremediación.

Recuperado de: <http://www.phytosudoe.eu/el-proyecto/que-es-la-fitorremediacion/>

<sup>2</sup> el proyecto PhytoSUDOE promoverá el uso de una técnica novedosa por parte de propietarios y gestores de terrenos contaminados: la fitogestión. Se trata de una alternativa poco investigada hasta ahora que resulta beneficiosa para el medio ambiente y rentable, a través del cultivo de plantas no alimentarias que absorben la contaminación o inactivan los agentes contaminantes del terreno.

### **3. Normatividad**

Entrando en el ámbito legal, inicia a nivel nacional con la constitución política de Colombia de 1991, en el cual se estipulan algunos artículos relacionados al cuidado y protección de estos ecosistemas como: el artículo 79, en él se expresa que: “[...] es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.”, o el artículo 80, “El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.” Ambos artículos, buscan promover el cuidado del medio ambiente y a su vez recalcar la importancia de estos espacios para la biodiversidad y el ser humano.

A nivel distrital, el decreto que mejor incentiva el cuidado de los ecosistemas del humedal, es el decreto 062 del 2006 de la alcaldía mayor de Bogotá en ella: "Establece mecanismos, lineamientos y directrices para la elaboración y ejecución de los respectivos Planes de Manejo Ambiental para los humedales ubicados dentro del perímetro urbano del Distrito Capital". Dando paso a crear programas de proyectos que buscan restaurar, proteger y mantener estos biomas, dos años después la secretaria distrital de ambiente expidió la resolución 4383 del año 2008 “Por medio de la cual se aprueba el Plan de Manejo Ambiental del humedal Burro.”

### **4. Diseño industrial**

#### **4.1. Postura del diseño frente al proyecto**

A partir de lo ya mencionado en este marco teórico, se construirá la postura de diseño en la que se encuentra situado este proyecto, tomando como inspiración el concepto de naturaleza dado que, en esta hay información de cómo se pueden solucionar varios problemas. Además, si se presta atención, existen un sinnúmero de elementos diseñados a partir de la interpretación de interacciones naturales. De este modo, se entrará a definir el concepto "*ambiente*" para posteriormente enlazarlo con la postura de diseño.

Según la arquitecta Fiori (2005) define el ambiente como: "una porción, un recorte de la naturaleza, de la biosfera adaptada por la sociedad para satisfacer sus necesidades." (p.10) Dado lo anterior, la naturaleza ofrece al ser humano lo necesario para vivir. No obstante, con el desarrollo y progreso de la vida humana se ha venido incrementado esas necesidades, las cuales siempre requerirán de materias primas provenientes de recursos naturales que están por agotarse. Así mismo explica Bertalanffy (1932) citado en Fiori (2005):

El ambiente es un sistema abierto. Tiene una estructura, entra a él materia, energía e información, se procesa y egresan transformadas. Interactúan lógicas múltiples, subprocesos cambiantes, se autorregula o evoluciona en forma irreversible con cambios constantes difíciles de prever. Fija la atención en los bucles de realimentación más que en la causalidad lineal. (p.10)

En ese caso, se podría dar a modo de ejemplo, la noción de consumo en la que está inmersa la sociedad, el cual hace que se encuentre rodeada de artefactos desechables o material muy transformado que son sumamente difíciles de degradar por la naturaleza. De esta manera, la contaminación que dejan las actividades humanas está afectando gravemente el equilibrio ambiental. De ahí que, esta situación desemboque en la necesidad de acciones urgentes para la preservación y protección de los diferentes biomas existentes. Por consiguiente, se realiza la pregunta: *¿cómo puede ayudar el diseño industrial si es uno de los principales promotores en esta cultura del usar y tirar?*

El diseño, debe estar orientado a encontrar una ruta equilibrada para la solución de problemas, si bien para muchos el diseño da una respuesta a necesidades propias del ser humano. Este proyecto aunque ofrezca un beneficio al humano, es algo colateral ya que, su finalidad es promover una mejoría en las condiciones que ofrece este ecosistema a la biota que en él vive.

Ahora bien, para definir los cimientos conceptuales de diseño para este proyecto Papanek (2014) mencionaba que: “Diseño es el esfuerzo consciente para establecer un orden significativo.” (p.28). Y es precisamente el punto de partida de este proyecto, buscar un orden coherente para lograr el objetivo de aportar en la restauración ecológica de estos espacios. A su vez, se trae a colación la emblemática oración planteada por el arquitecto Sullivan y la posterior interpretación de Wright: “la forma sigue a la función” al igual que en la naturaleza, las formas que esta genera no son caprichosas al contrario, todas tiene su razón de ser y esto se busca plasmar en la propuesta resultante de este trabajo.

## **5 Desarrollo.**

### **5.1. Primer objetivo**

#### **5.1.1. Referentes.**

En cuanto a dispositivos y sistemas de tratamiento acuífero tomados como referentes para este proyecto, se encuentran desde filtros caseros y rudimentarios para el tratamiento de aguas grises caseras, hasta sistemas más complejos y ambiciosos con el propósito de remediar el daño al medioambiente mundial. La evaluación se realizó teniendo en cuenta aspectos biológicos (separación de grasas, sedimentación y fitorremediación) y funcionales (silencioso, reducción de uso energético e impacto paisajístico mínimo) adaptando la herramienta rueda de lids usada en la metodología de ecodiseño, el cual se califica de 1 a 5 cada aspecto mencionado, los mejores resultados los obtiene el que mas area cubría en la gráfica. Los que se destacaron (por su calificación o por alguna función práctica) fueron los siguientes:

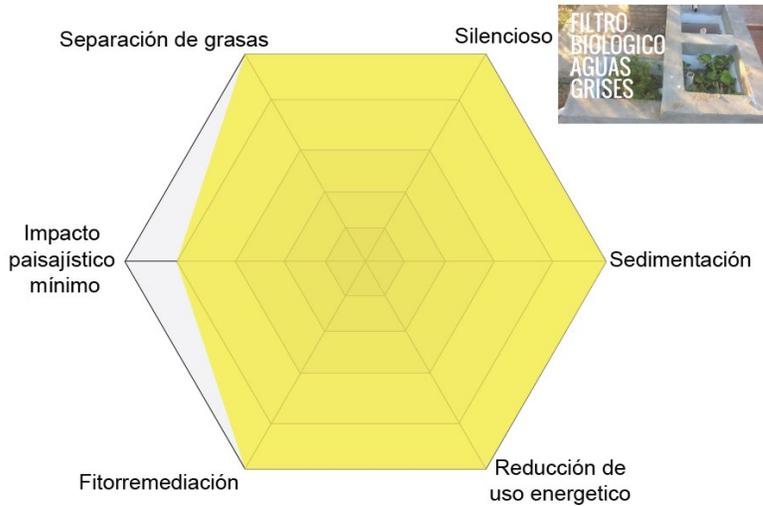


Ilustración 14 Mejor resultado evaluación. Elaboración: Propia

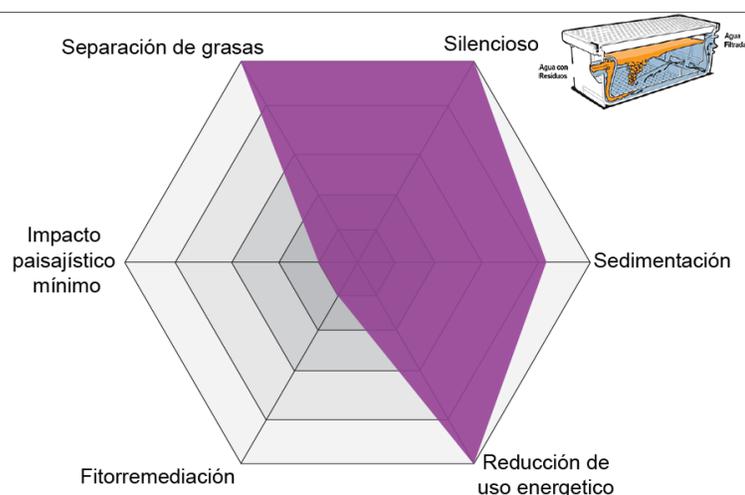


Ilustración 15 Separación de grasas. Elaboración: Propia

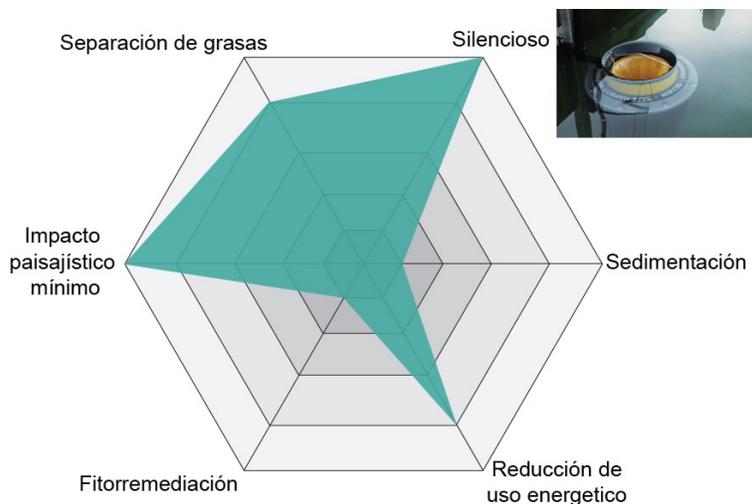


Ilustración 16 Impacto paisajístico mínimo. Elaboración: Propia

Partiendo de los referentes y a su vez de los aspectos del entorno y las necesidades que estos ecosistema exigen. Con el fin de ordenar estas particularidades se realizó una tabla de los requerimientos en cuestiones de uso, función y estructura con el fin de tenerlas tener una ruta clara para la construcción del dispositivo.

USO	
PRACTICIDAD	- ADAPTABILIDAD EN CUERPOS DE AGUA CON CARACTERÍSTICAS SIMILARES
CONVENIENCIA	- GENERAR EL MENOR RUIDO POSIBLE - FUNCIONAMIENTO SIN ENERGÍA - FACILITAR EL MANTENIMIENTO DEL SISTEMA
SEGURIDAD	- EVITAR QUE LA FAUNA TENGA ACCESO AL INTERIOR DEL DISPOSITIVO
MANTENIMIENTO	- SEPARACIÓN DE LOS SEDIMENTOS Y GRASAS EN DEPÓSITOS DISTINTOS - PIEZAS DEL SISTEMA REEMPLAZABLES
MANIPULACIÓN	- FÁCIL ACCESO AL INTERIOR DEL SISTEMA PARA MANTENIMIENTO O DESCARGUE DE RESIDUOS - CIERRE HERMÉTICO DE LOS DEPÓSITOS DE RESIDUOS
ERGONOMÍA	- CARACTERÍSTICAS FORMALES DEL DISPOSITIVO ACORDES PARA INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO - PIEZAS FÁCILES DE REEMPLAZAR
FUNCION	
RESISTENCIA	- DEBE FUNCIONAR BAJO LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS QUE EL CONTEXTO LE OFREZCA
MECANISMO	- LOS MECANISMOS PARA SU MANIPULACIÓN DEBEN SER RESISTENTES AL AGUA.
ESTRUCTURALES	
COMPONENTES	- LENGUAJE FORMAL INTUITIVO PARA LA INSTALACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL DISPOSITIVO
MATERIAL	- EL USO DE POLÍMEROS PARA UNA VIDA ÚTIL LARGA
UNION	- USO DE IMANES DE NEODIMIO PARA LA UNIÓN ENTRE PIEZAS
PROCESO IND.	- MOLDES DE INYECCIÓN DE POLÍMEROS

*Tabla 3 tabla de los requerimientos. Elaboración: Propia*

### **5.1.2. Comprobación de principio de sedimentación.**

A continuación, se desarrollará los principios de sedimentación puestos a prueba y se indicará cuál se adapta mejor a las características propias del acceso acuífero del humedal: Canal Ángeles de Castilla.

La sedimentación laminar horizontal es un principio cuyo objetivo es reducir la velocidad del caudal para lograr que las partículas suspendidas se sedimenten y a su vez que las grasas floten sobre el recurso hídrico, dejando el agua más limpia en el medio. Esta función es posible gracias a las paredes que aumenta el recorrido y disminuye la corriente, dando el tiempo a que la gravedad y densidad actúen en este. También existen los módulos de sedimentación tipo colmena, los cuales tienen un ángulo de inclinación que permiten realizar este proceso de una forma más eficiente, debido a que el ángulo de inclinación ayuda a empujar las partículas en suspensión.

### Protocolo No.1

**Fecha:** 4/10/2020

**Lugar:** Canal Ángeles de Castilla.

### Prototipos y características:



*Ilustración 17 Prototipo A. Elaboración: Propia*

**Prototipo A:** Este prototipo funcional cumple con el principio de sedimentación laminar horizontal, este principio es usado en plantas de tratamiento de aguas residuales debido a que reduce la velocidad del caudal permitiendo que la gravedad y la densidad actúen en el recurso.



*Ilustración 18 Prototipo B. Elaboración: Propia*

**Prototipo B:** Este prototipo funcional es una propuesta basada en la función del principio de sedimentación laminar horizontal y los paneles modulares de sedimentación con ángulo de inclinación.

**Objetivo:** Comprobar que principio de sedimentación y separación de grasas funciona con mejor eficiencia.

**Desarrollo:** para la primera prueba realizada el 4 de octubre, se realizaron dos prototipos funcionales del principios de sedimentación laminar horizontal. *El prototipo A:* Principio de sedimentación laminar Horizontal (ver ilustración N°17). *Prototipo B:* Principios de sedimentación laminar con ángulo de inclinación (ver ilustración N°18). En esta primera prueba, se descubrió que era necesario mejorar en ambos prototipos ya que, el resultado no fue preciso y en concreto se ve la necesidad de realizar un prototipo con modificaciones de la propuesta B. (ver anexos 1, 2 y 3)

## Protocolo No.2

**Fecha:** 12/10/2020

**Lugar:** Canal Ángeles de Castilla.

### Prototipos y características:

**Prototipo A:** Se mantiene la esencia de este prototipo modificando únicamente la malla del final .

**Prototipo B:** Al igual que el prototipo A se realizó únicamente la modificación de la malla final



*Ilustración 19 Prototipo C. Elaboración: Propia*

**Prototipo B:** se decidió realizar un tercer prototipo dadas las conclusiones del primer protocolo. Aumentando el número de paredes con ángulo de inclinación y usando paredes rectas.

**Objetivo:** Comprobar que principio de sedimentación y separación de grasas funciona con mejor eficiencia, con las modificaciones realizadas tras las conclusiones del primer protocolo.

**Desarrollo:** En la segunda prueba (12/10/2020), se realizan las modificaciones pertinentes de acuerdo a los resultados arrojados en la primera prueba, por lo cual, se crea un tercer prototipo (Prototipo C) únicamente con el principio de sedimentación laminar Horizontal con ángulo de inclinación pero manejando paredes rectas (ver ilustración N°19). Esta segunda prueba, da como resultado que, el *prototipo B* funcionó mejor que los otros dos (prototipo A y C) (ver ilustración No.20). Visto que, el prototipo B, captó más grasa y material sedimentado pero dando oportunidades de mejora para evitar la fuga de las partículas suspendidas.(ver anexos 4, 5, 6 y 7)



*Ilustración 20 Resultados prueba 2. Elaboración: Propia*

### **Protocolo No.3**

**Fecha:** 25/10/2020

**Lugar:** Canal Ángeles de Castilla.

#### **Prototipos y características:**

**Prototipo A:** Se mantiene la esencia de este prototipo modificando únicamente la pared final.

**Prototipo B:** Este prototipo fue modificado según los resultados del protocolo No.2. cambiando la configuración de las

paredes sedimentadoras al igual que el cambio de la pared final.

**Prototipo C:** Este prototipo se mantiene sin modificaciones.

**Objetivo:** Comprobar que principio de sedimentación y separación de grasas funciona con mejor eficiencia, con las modificaciones realizadas tras las conclusiones del segundo protocolo.

**Desarrollo:** Teniendo en cuenta los resultados de la prueba número dos, se ve necesario realizar una última prueba (25/10/2020), para la cual se realizan los ajustes necesarios y se define el principio a usar en el dispositivo. En esta tercer prueba, se comprobó que el prototipo que mejor se adaptó al acceso acuífero del humedal el burro fue el *prototipo B* (ver *ilustración No.21*). (ver anexos 8, 9 y 10)



*Ilustración 21 Conclusión prueba principio de sedimentación. Elaboración: Propia*

### 5.1.3. Proceso creativo y desarrollo morfológico.

Con la finalidad de que el sistema se pueda replicar en otros cuerpos hídricos, se tomó la decisión de manejarlo a través de 3 módulos que estéticamente se parecen pero cada uno cumple una función: El primero, cuya función es de sedimentar partículas y separar las grasas; El segundo que cumple la función de almacenar las grasas ya separadas; y el tercero que contiene las plantas acuáticas, las cuales realizan la fitorremediación. Los tres módulos salen de las hojas de una planta acuática llamada flor de mosaico (*ludwigia sedoides*) (ver ilustración No.22) nativa de los humedales sudamericanos. La forma de esta hoja tiene algunas modificaciones para lograr captar mejor el agua en el dispositivo y permitir una mejor composición modular con respecto al humedal (ver ilustración No.23). Esta forma también ayuda a que el sistema no genere una fuerte resistencia hídrica.



Ilustración 23 . Meerman,J (2004). *Ludwigia sedoides*.

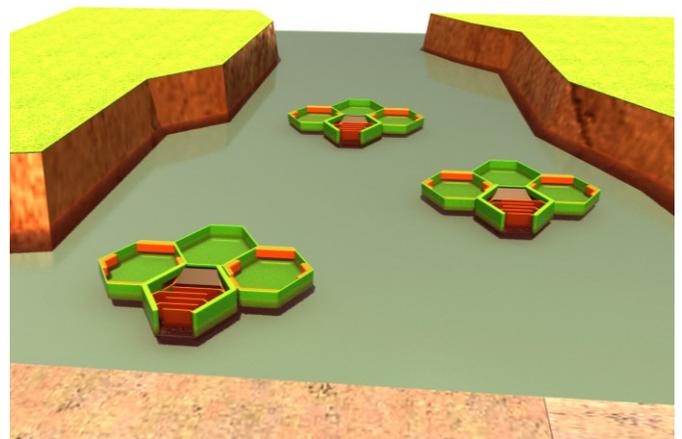
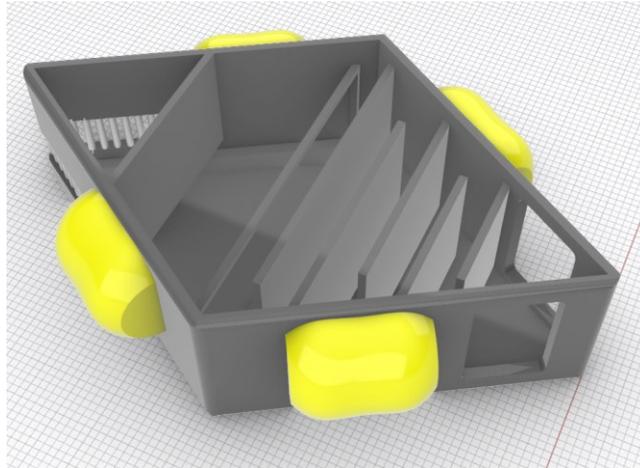


Ilustración 22 Render sistema. Elaboración: Propia

Pero antes de esto, es necesario explicar que evolución tuvo el proyecto, la primera se compone de un chasis en forma de rombo, paredes verticales basados en el principio de sedimentación laminar horizontal, como se usa en las plantas de tratamiento de agua residual, luego de estas una maya que evita el paso libre de las partículas que aún siguen suspendidas en el agua y una pared final elevada para evitar que las grasas ya separadas sigan su curso; el

sistema de flotación estaba planteado a partir de cuatro flotadores externos al sistema, unidos cada costado (ver ilustración No. 24).

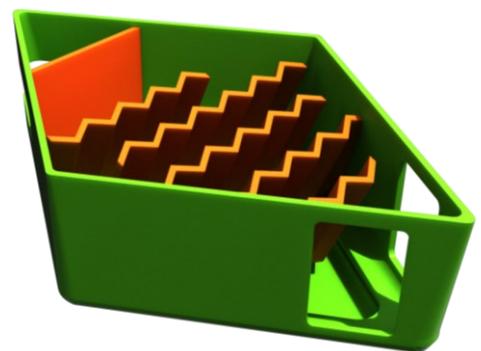


*Ilustración 24 Render sificonqua 1.0. Elaboración: Propia*

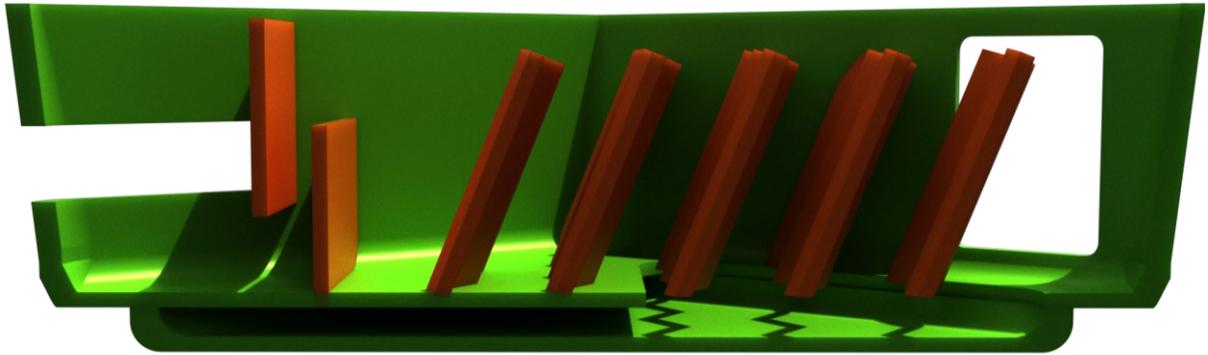
Posterior a esto se planteó dividir el dispositivo en piezas, comenzando por las paredes sedimentadoras, uniéndose entre sí (ver ilustración No. 25), formando dos grupos, según su lado y de esta forma logra generar mejor resistencia que de forma individual. Luego de esto se propuso integrar al proceso de sedimentación laminar horizontal, el ángulo de inclinación planteado en los paneles de sedimentación (ver ilustración No. 26) y una bandeja para contener el material sedimentado (ver ilustración No.27).



*Ilustración 26 Unión paredes sedimentadoras.  
Elaboración: Propia*



*Ilustración 25 Ángulo de inclinación.  
Elaboración: Propia.*

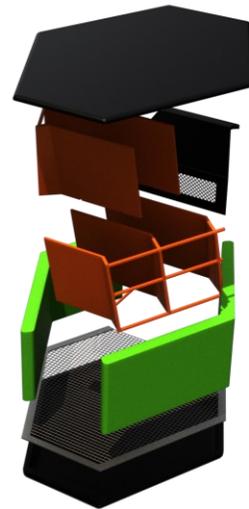


*Ilustración 27 Ángulo de inclinación y bandeja de material sedimentado. Elaboración: Propia*

Adicional a este cambio, se tuvo que modificar la entrada del dispositivo para permitir el ingreso de una mayor cantidad de agua en él, esta modificación consistió en el cambio de la forma tanto del frente como de la parte posterior del modelo, (ver ilustración No.28) a raíz de esta modificación se realizó la separación por piezas de que componen el módulo de sedimentación y separación de grasas (ver ilustración No.29)

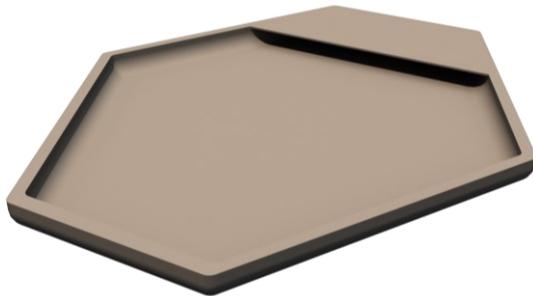


*Ilustración 29 Modificación forma del dispositivo. Elaboración: Propia*

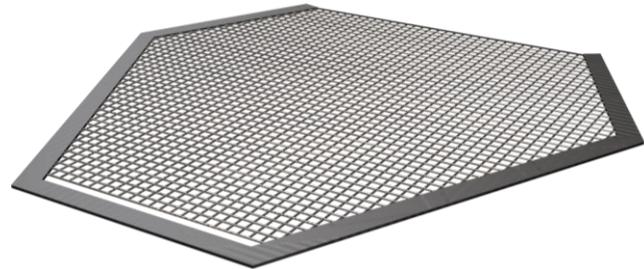


*Ilustración 28 Configuración de piezas. Elaboración: Propia*

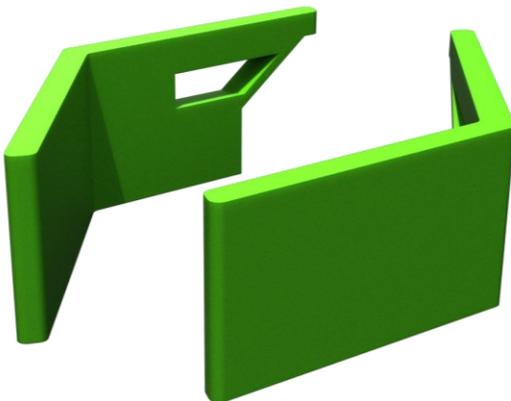
Como se explicaba previamente, el dispositivo se separó por piezas y de aquí se realizaron modificaciones según las necesidades que exige el entorno de trabajo y la facilidad de ensamble usando imanes de neodimio para unir las piezas entre sí. En la parte inferior se tiene una bandeja cuyo objetivo es contener el material sedimentado para mejorar el mantenimiento (ver ilustración No.30); sobre la bandeja está una malla cuyo objetivo es evitar que el material ya sedimentado salga de esta (ver ilustración No.31); las paredes laterales aparte de cumplir con la función de dar estructura al dispositivo son flotadores (ver ilustración No.32); al interior de las paredes flotantes, se ubican las paredes sedimentadoras (ver imagen No.33); en la parte posterior del módulo se integra una malla para contener las partículas aún suspendidas (ver ilustración No.34); por último, en la parte superior se integra la tapa (ver ilustración No.35).



*Ilustración 31 Bandeja de sedimentación.  
Elaboración: Propia*



*Ilustración 30 Malla inferior. Elaboración: Propia*



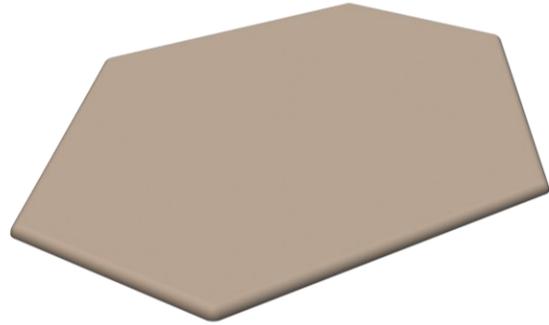
*Ilustración 32 Paredes flotantes. Elaboración: Propia*



*Ilustración 33 . Paredes sedimentadoras.  
Elaboración: Propia*



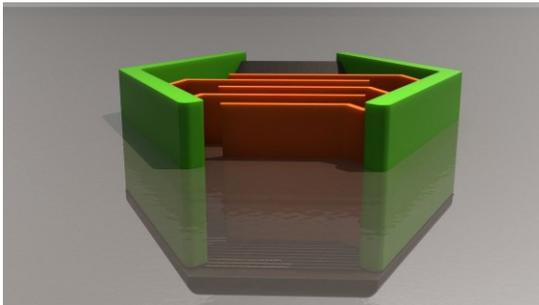
*Ilustración 34 Malla posterior.  
Elaboración: Propia*



*Ilustración 35 Tapa. Elaboración: Propia*

#### **5.1.4. Sistema de flotación.**

El principio que se usó para que el módulo de sedimentación y separación de grasa flotara fue el usado en las embarcaciones tipo catamarán<sup>3</sup>, pasando de tener los flotadores externos (planteados anteriormente) a ser parte de la estructura del sistema, y permitiendo que el agua ingrese en el dispositivo, esto permite que las paredes laterales tengan la función estructural de chasis y a su vez cumplen la función de flotadores en el sistema.



*Ilustración 37 Render flotabilidad.  
Elaboración: Propia*



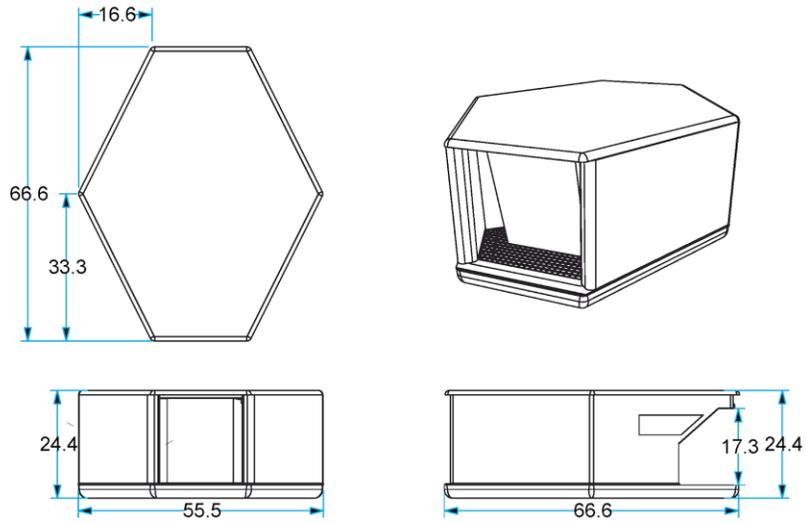
*Ilustración 36 La Vanguardia (2019) Catamaran.*

---

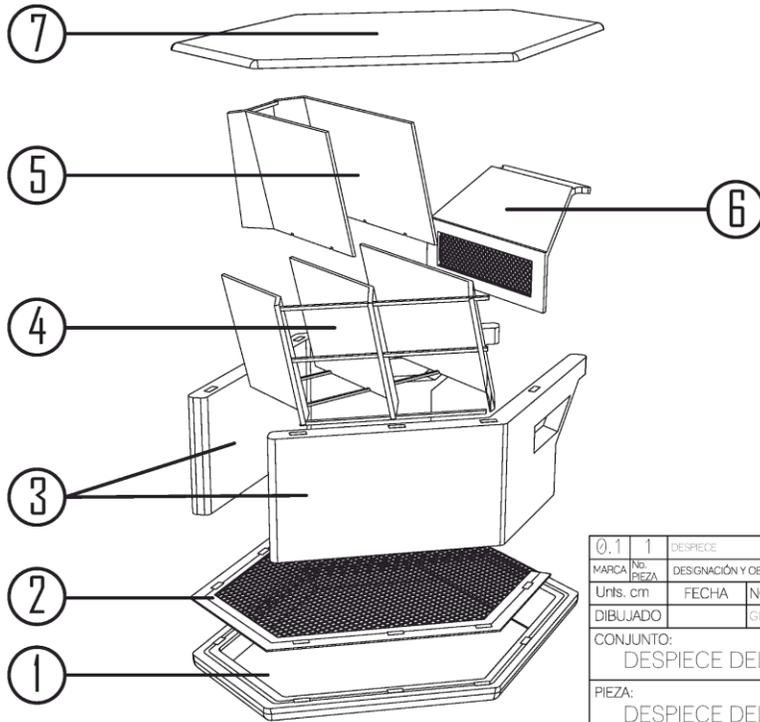
<sup>3</sup> Un **catamarán** es una **embarcación** o **buque** multi-casco con dos cascos paralelos de igual tamaño. Es una embarcación de geometría estabilizada, derivando su estabilidad de sus dos quillas, en lugar de una quilla con bulbo de los veleros monocasco.

## 5.2. Segundo objetivo

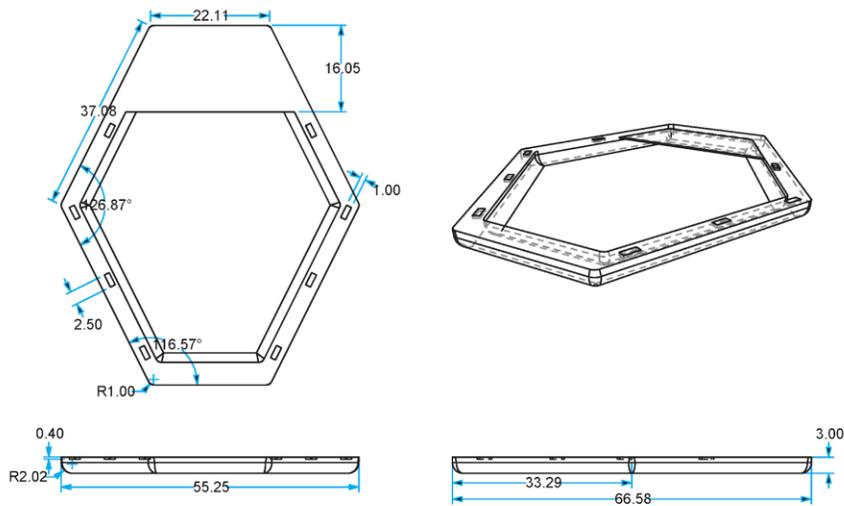
### 5.2.1. Planimetría de dispositivo.



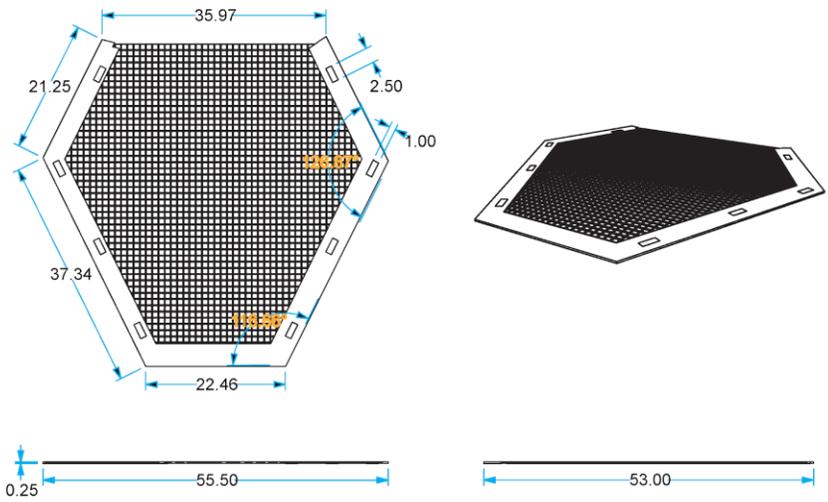
0	1	DISPOSITIVO COMPLETO	POLESTIRENO
MARCA	No. PIEZA	DESIGNACIÓN Y OBSERVACIONES	MATERIALES
Units. cm	FECHA	NOMBRE	ESCALA
DIBUJADO		GIOVANNI MUSUSÚ	1.1
CONJUNTO: SEDIMENTADOR Y SEPARADOR DE GRASAS			
PIEZA: ESTRUCTURA GENERAL			PLANO No. 1.0



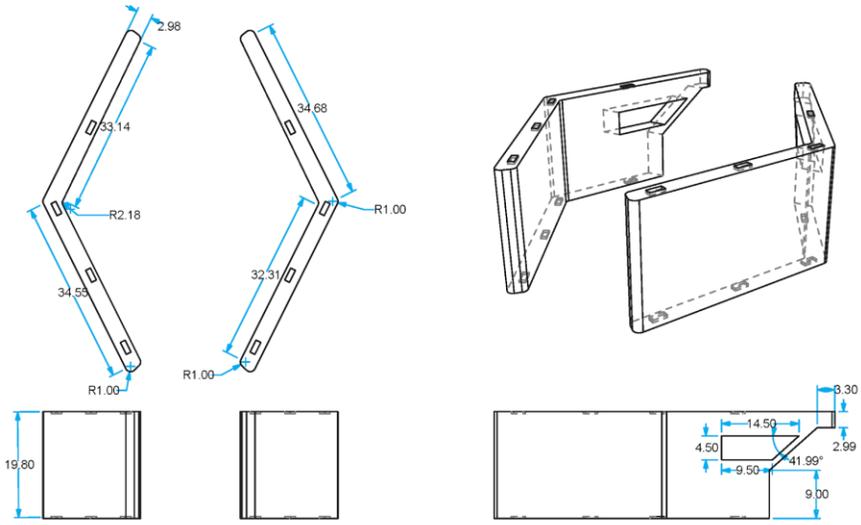
0.1	1	DESPIECE	POLESTIRENO
MARCA	No. PIEZA	DESIGNACIÓN Y OBSERVACIONES	MATERIALES
Unfs. cm	FECHA	NOMBRE	ESCALA
DIBUJADO		GIOVANNI MUSUSÚ	1.1
CONJUNTO: DESPIECE DEL DISPOSITIVO			 SiFiConQua
PIEZA: DESPIECE DEL DISPOSITIVO			



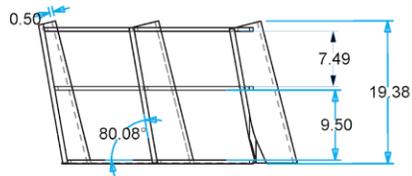
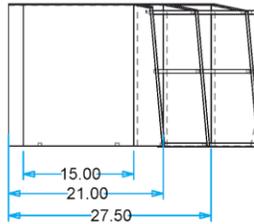
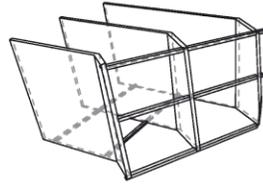
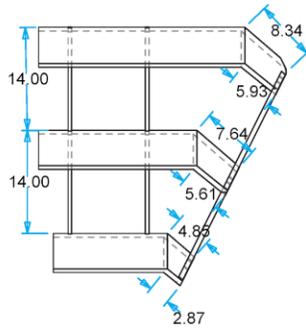
1	1	BANDEJA DE SEDIMENTACIÓN	POLESTIRENO
MARCA	No. PIEZA	DESIGNACIÓN Y OBSERVACIONES	MATERIALES
Unfs. cm	FECHA	NOMBRE	ESCALA
DIBUJADO		GIOVANNI MUSUSÚ	1.1
CONJUNTO: CONTENEDOR DE SEDIMENTACIÓN			 SiFiConQua
PIEZA: BANDEJA DE SEDIMENTACIÓN			



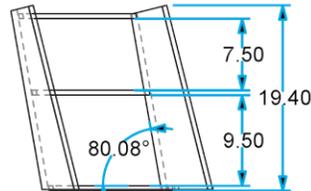
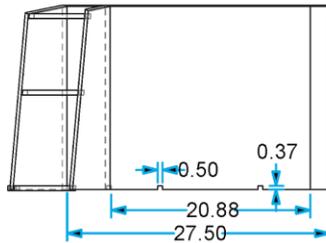
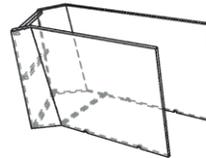
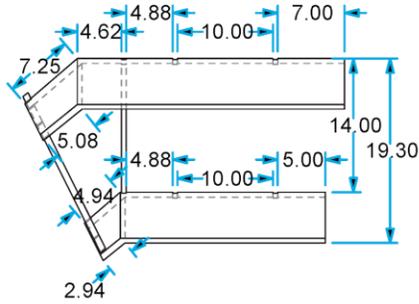
2	1	MALLA INFERIOR	POLIESTIRENO
MARCA No. PIEZA	DESIGNACIÓN Y OBSERVACIONES		MATERIALES
Unfs. cm	FECHA	NOMBRE	ESCALA
DIBUJADO	GIOVANNI MUSUSÚ		1.1
CONJUNTO:			SiFiConQua
MALLA SEDIMENTACIÓN INFERIOR			
PIEZA:			PLANO No.
MALLA INFERIOR			1.2



3	1	PAREDES FLOTANTES	POLIESTIRENO
MARCA No. PIEZA	DESIGNACIÓN Y OBSERVACIONES		MATERIALES
Unfs. cm	FECHA	NOMBRE	ESCALA
DIBUJADO	GIOVANNI MUSUSÚ		1.1
CONJUNTO:			SiFiConQua
CHASIS Y FLOTADORES			
PIEZA:			PLANO No.
PAREDES FLOTANTES			1.3



4	1	PAREDES SEDIMENTADORAS I	FOLESTIRENO
MARCA No. PIEZA	DESIGNACIÓN Y OBSERVACIONES		MATERIALES
Unfs. cm	FECHA	NOMBRE	ESCALA
DIBUJADO		GIOVANNI MUSUSÚ	1.1
CONJUNTO: PAREDES SEDIMENTADORAS			 <small>SECTOR DE INGENIERÍA DE CONSULTORÍA Y SERVICIOS</small>
PIEZA: PAREDES SEDIMENTADORAS I			



5	1	PAREDES SEDIMENTADORAS II	FOLESTIRENO
MARCA No. PIEZA	DESIGNACIÓN Y OBSERVACIONES		MATERIALES
Unfs. cm	FECHA	NOMBRE	ESCALA
DIBUJADO		GIOVANNI MUSUSÚ	1.1
CONJUNTO: PAREDES SEDIMENTADORAS			 <small>SECTOR DE INGENIERÍA DE CONSULTORÍA Y SERVICIOS</small>
PIEZA: PAREDES SEDIMENTADORAS II			

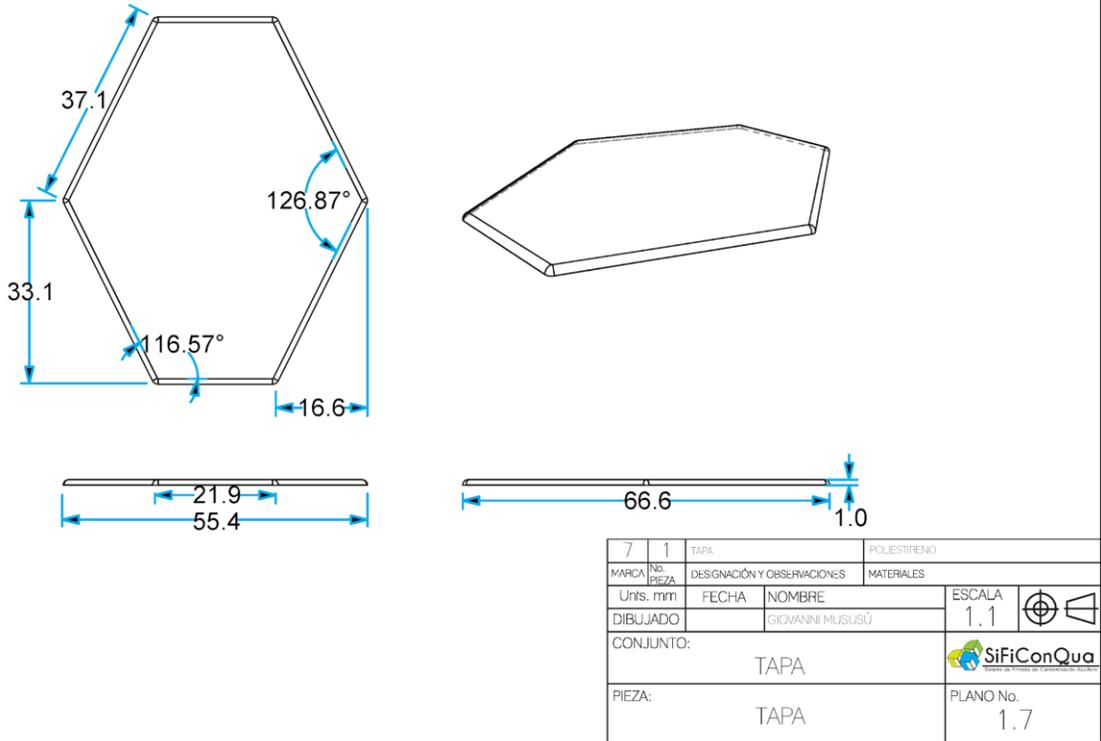
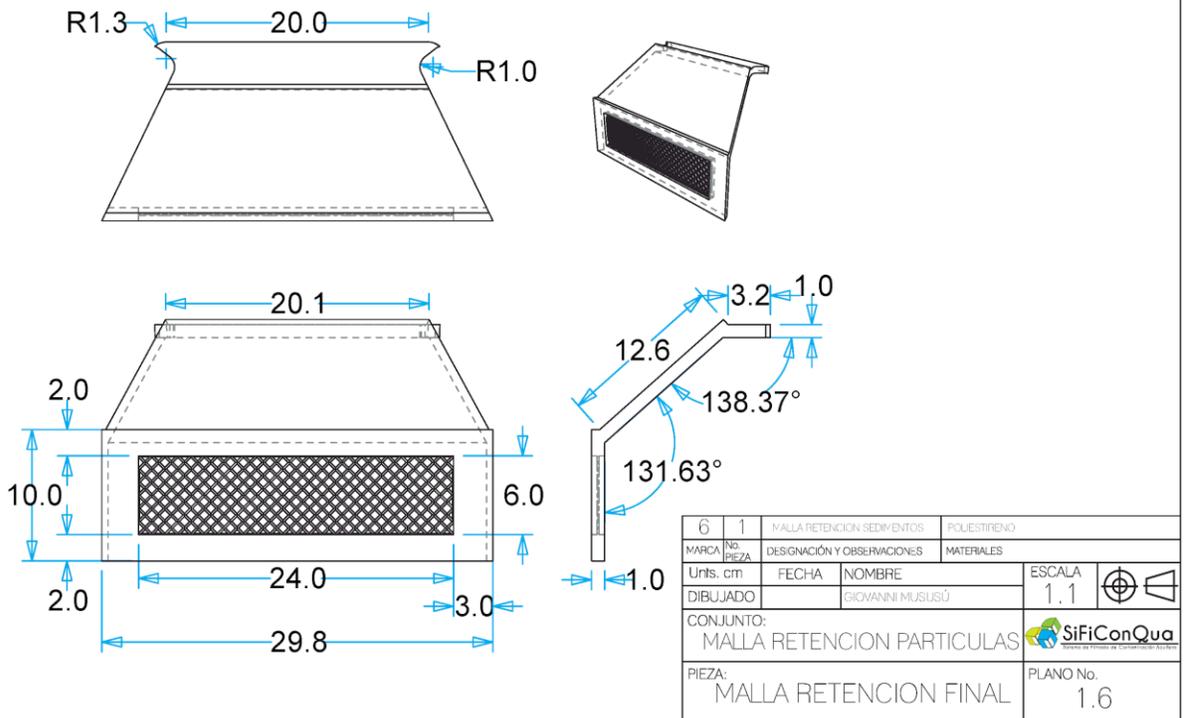
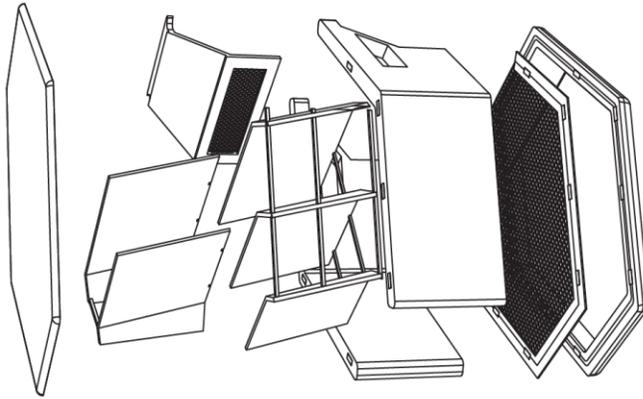


Ilustración 38 Planos. Elaboración: Propia



## ENSAMBLAJE MÓDULO DE SEDIMENTACIÓN

### 5.2.2. Manual de ensamblaje del dispositivo.

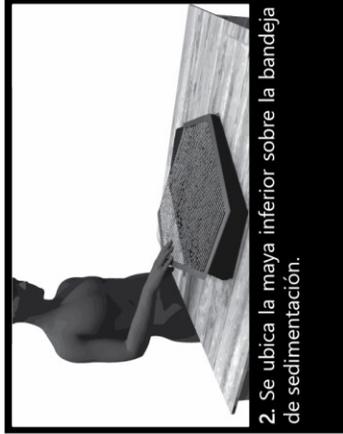
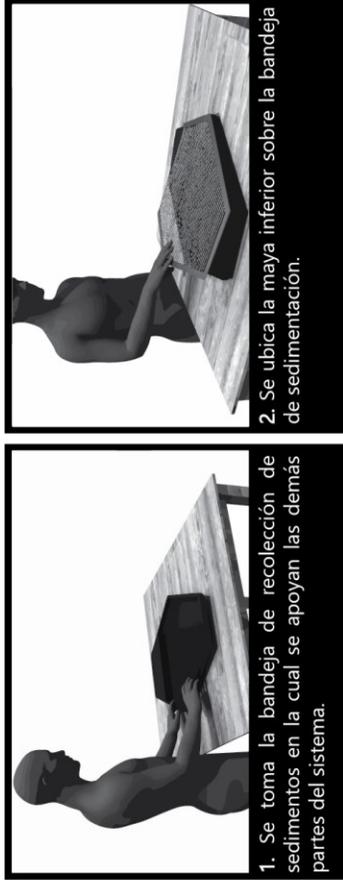
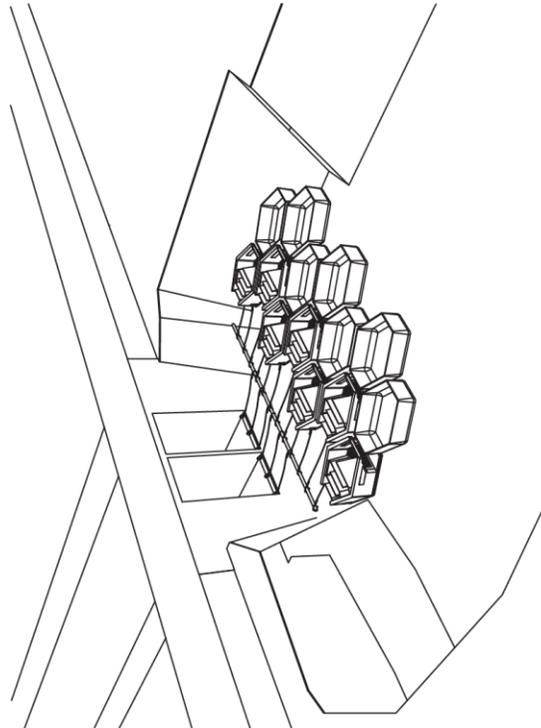


Ilustración 39 Manual de montaje del modulo sedimentario. Elaboración propia



## INSTALACIÓN SISTEMA EN EL HUMEDAL

### 5.2.2. Manual de instalación del sistema.

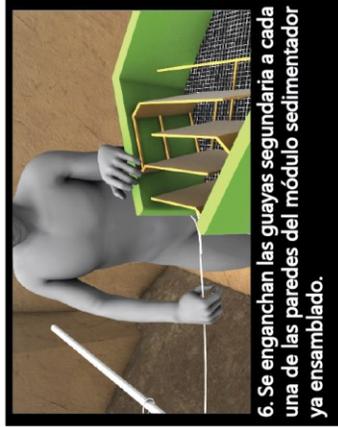
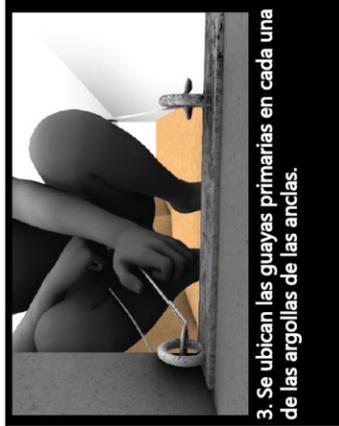
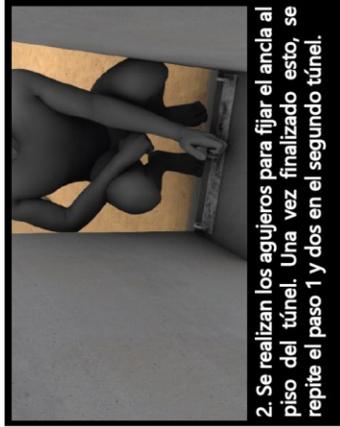


Ilustración 40 Manual de instalación sistema. Elaboración: Propia

### 5.3. Tercer objetivo

#### 5.3.1. Modelo de comprobación.

Para realizar comprobaciones de funcionamiento del dispositivo, se realizó un prototipo formal-funcional del módulo de sedimentación, su materia prima fue lamina de poliestireno y adhiriendo los cortes con monómero de estireno.



*Ilustración 42 .Prototipo formal-funcional.  
Elaboración: Propia*



*Ilustración 41 Prototipo formal-funcional.  
Elaboración: Propia*

### 5.3.2. Comprobación del funcionamiento.

#### Protocolo No.4

**Fecha:** 2/11/2020

**Lugar:** Canal Ángeles de Castilla.

#### Prototipos y características:



**Prototipo :** Este es el prototipo formal-funcional, hecho de lamina poliestireno, escala 1:1 el cual busca comprobar el correcto funcionamiento del mismo y determinar cuánto material sedimentado es capaz de filtrar y retener, con el fin de generar una aproximación de la cantidad que recolectaría en un día de funcionamiento.

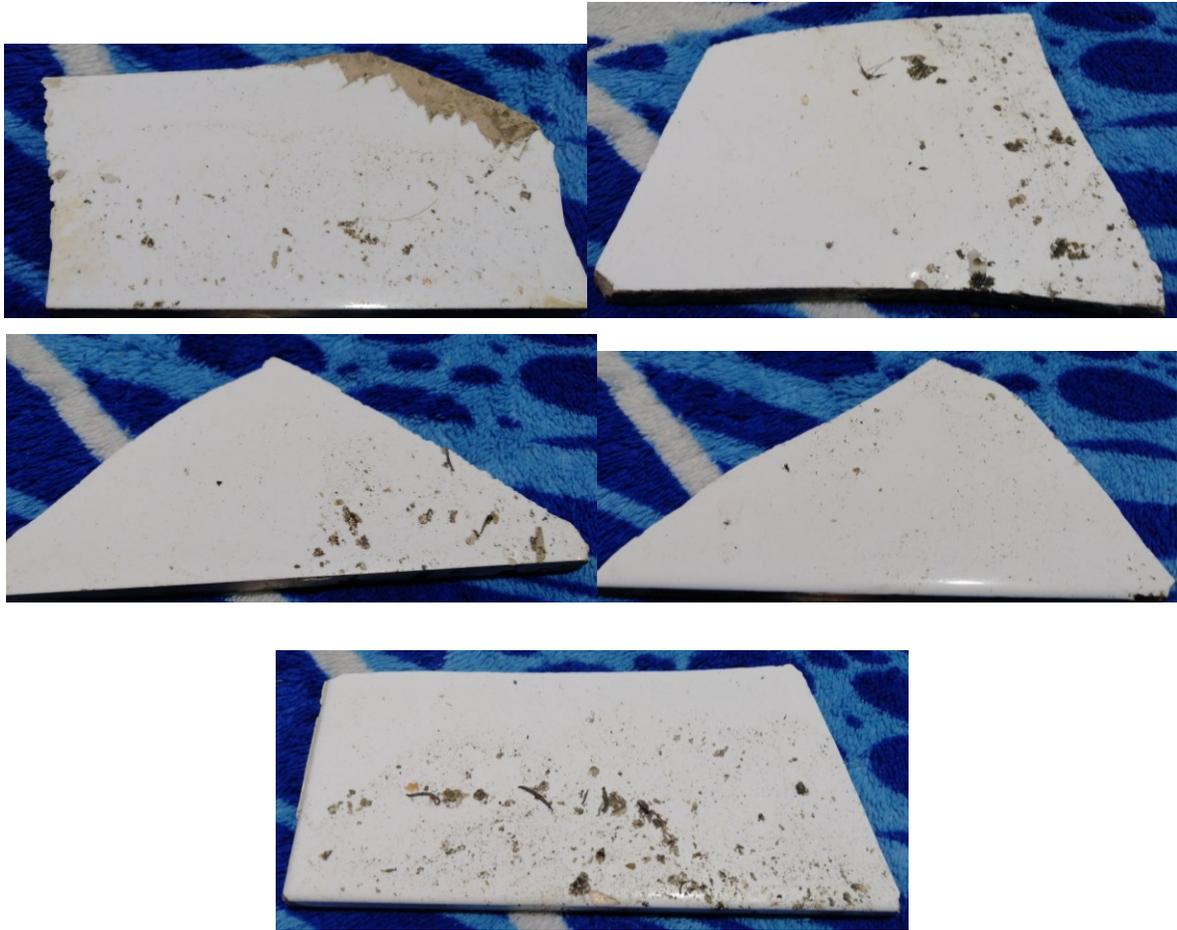
*Ilustración 43 Prototipo formal-funcional.  
Elaboración: Propia*

**Objetivo:** Comprobar que el módulo de sedimentación funcione correctamente y realizar una aproximación de la cantidad que puede recolectar de material sedimentado.

**Desarrollo:** Esta comprobación fue realizada el 2 de noviembre, en la cual se puso en funcionamiento el prototipo en el acceso acuífero del Humedal El Burro durante una hora.

#### Resultados.

- **Grasas**



*Ilustración 44 losas con grasas separadas. Elaboración: Propia*

- **Material sedimentado**



*Ilustración 46 Material sedimentado en malla inferior. Elaboración: propia*

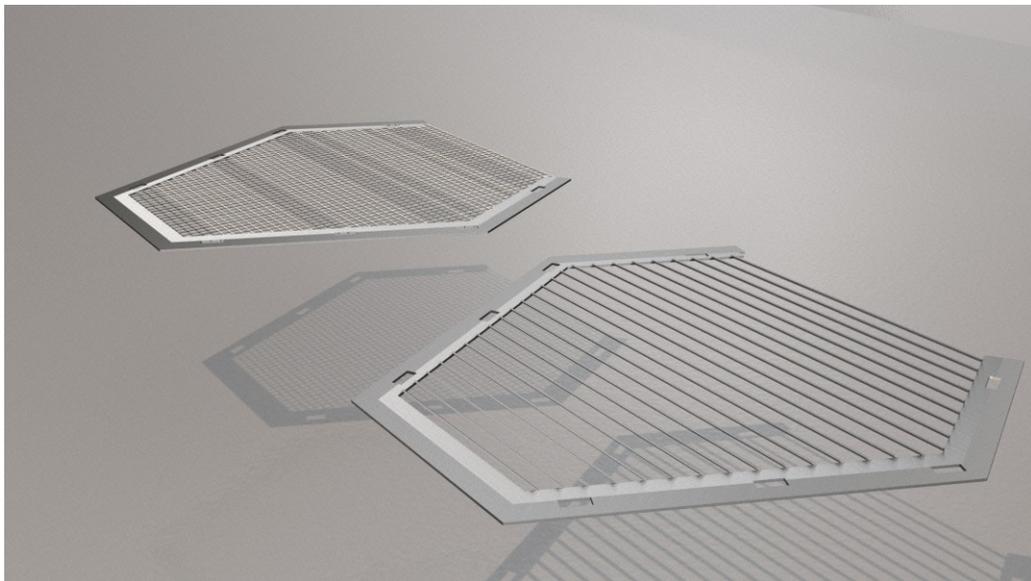


*Ilustración 45 . Material sedimentado en bandeja de sedimentación. Elaboración: propia*

El material recolectado durante una hora de uso fue de 5 gr en la malla inferior, y en la bandeja de sedimentación otros 5 gr por uno total de 10 gr de sedimentos por hora, lo que quiere decir que son 240 gr por día, 1.680gr en una semana y alrededor de 7 kg en 30 días de uso. Si se instala una barrera de 7 módulos sedimentadores, se estiman recolectar de 11.7 kg de material por semana y 50 kg por mes; esta cantidad varía según las condiciones del entorno, actividades humanas, cambios climatológicos, etc. Se estima según estos datos que el mantenimiento se deba realizar cada semana, con el fin de evitar la saturación de residuos recolectados. (ver anexos 11, 12, 13 y 14)

## 6. Conclusiones.

En general el módulo de sedimentación cumple con su función, de forma eficiente, pero sí existen algunos aspectos que pueden mejorar; el primero es la malla inferior, no permite que todos los sedimentos se transfieran a la bandeja de sedimentación y por esto puede taparse con rapidez, la solución que se plantea reemplazar la malla por láminas que integren el mismo principio de ángulo de inclinación para permitir que la sedimentación llegue a la bandeja (ver ilustración No. 45). También es necesario balancear las paredes-flotadores, ya que en la prueba no era estable la forma de flotar, al igual que determinar el tiempo en el que se llenara el dispositivo de residuos para realizar el mantenimiento. Y por temas de alcances, verificar la articulación y desarrollo del módulo fitorremediador.



*Ilustración 47 Propuesta modificación de malla inferior. Elaboración: Propia*

## **7. Alcances.**

Por el limitado tiempo con el que se contó para realizar este proyecto se centró en resolver las características puntuales del módulo de sedimentación, este es una parte del sistema total ya que la propuesta completa tiene un segundo módulo el cual cumple con la parte de fitorremediación, el cual logra ser una segunda parte de este trabajo; se verificó el correcto funcionamiento de este módulo en el campo donde se plantea funcionar y con los resultados de la prueba arrojó unas oportunidades de mejora ya planteadas en las conclusiones.

# BIBLIOGRAFIA.

Alcaldía Mayor de Bogotá, (s.f.). PLAN DE MANEJO HUMEDAL EL BURRO. Recuperado el 15 de agosto de 2020 de secretaria distrital de ambiente: <http://ambientebogota.gov.co/documents/21288/178057/PMA-ElBurro.pdf>

Atehortua, E., & Gartner, C. (2013). ESTUDIOS PRELIMINARES DE LA BIOMASA SECA DE EICHHORNIA CRASSIPES COMO ADSORBENTE DE PLOMO Y CROMO EN AGUAS en sitio web. [revistas.udea.edu.co](http://revistas.udea.edu.co), *núm.4*. Recuperado el 6 de marzo de 2019 de Revista colombiana de materiales: <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/materiales/article/view/15084>

Barrera, P. (2015). La invasora que fue expulsada del Muña en sitio web. [Catorce6.com](http://Catorce6.com) . Recuperado el 6 de marzo de 2019 de revista ambiental Catorce6: <https://www.catorce6.com/350-publicaciones/13472-la-invasora-que-fue-expulsada-del-mu%C3%B1a>

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA - CAR. (2016). *Los Humedales de Kennedy dinámica social, ambiental y urbana*. Bogotá: Imprenta Nacional.

Constitucion politica de colombia 1991

Decreto 062. Alcaldía mayor de Bogotá, Bogotá, Colombia, 14 de marzo de 2006. Recuperado el 15 de agosto de 2020 de secretaria distrital de ambiente: <http://ambientebogota.gov.co/web/sda/normatividad2>

Delgadillo, A., González, C., Prieto, F., Villagómez, J., & Acevedo, O. (2011). FITORREMEDIACIÓN: UNA ALTERNATIVA PARA ELIMINAR LA CONTAMINACIÓN. Recuperado el 5 de abril de 2019 en *scielo*: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>

Fandiño, D. (2018). Así trabajan cinco ambientalistas que protegen los humedales en sitio web. [bogotanos.cartelurbano.com](http://bogotanos.cartelurbano.com). Recuperado el 17 de marzo de 2019, de <http://cartelurbano.com/historias/asi-trabajan-cinco-ambientalistas-que-protegen-los-humedales-bogotanos>

Fiori, S. (2005). Diseño industrial sustentable. Una percepción desde las ciencias sociales. Recuperado el 3 de septiembre de 2020 de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Z75cGyUP\\_4wC&oi=fnd&pg=PA5&q=dise%C3%B1o+industrial+y+medio+ambiente&ots=Ug8lYBe-X0&sig=346LwIKI\\_QAt0YaxNGjCBMBQsmU#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Z75cGyUP_4wC&oi=fnd&pg=PA5&q=dise%C3%B1o+industrial+y+medio+ambiente&ots=Ug8lYBe-X0&sig=346LwIKI_QAt0YaxNGjCBMBQsmU#v=onepage&q&f=false)

- Escobar, J. (2012). En sitio web. [Humedalesbogota.com](http://humedalesbogota.com) . Recuperado el 28 de febrero de 2019, de Fundacion Humedales de Bogotá: <http://humedalesbogota.com/2012/06/19/los-humedales-de-bogota-sin-administracion/>
- Idarraga Paez, E. A. (2013). El consumo de agua en Bogotá: una revisión comparativa con otras ciudades principales de América Latina. Recuperado el 26 de febrero de 2019, de <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/11037>
- Lizarazo, J. & Orjuela, M. (2013). SISTEMAS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN COLOMBIA. Recuperado el 1 septiembre de 2020, de <http://bdigital.unal.edu.co/11112/1/marthaisabelorjuela2013.pdf>
- Moreno, V., García, J. F., & Villalba, J. C. (2001). Descripción general de los humedales de Bogotá, D.C. Recuperado el 17 de marzo de 2019, de SOGEOCOL: <https://www.sogeocol.edu.co/documentos/humed.pdf>
- Papanek, V. (2014). Diseñar para el mundo real. (S. Ediciones Akal, Trad.) Barcelona: Pol·len edicions.
- Ramsar. (2007). ¿Qué son los humedales?. Recuperado el 17 de marzo de 2019, de <https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/info2007sp-01.pdf>
- Renjifo, L. M., Amaya Villarreal, Á. M., Burbano Girón, J., & Velásquez Tibatá, J. (2016). *Libro Rojo de Aves de Colombia Vol.II*. Bogotá, Colombia: Editorial Pontificia Universidad Javeriana, Instituto Alexander von Humboldt. Recuperado el 9 de marzo de 2019 en instituto humboldt: <http://www.humboldt.org.co/es/i2d/item/1191-libro-rojo-aves-colombia-2>
- Resolución 4383. Secretaria distrital de ambiente, alcaldía mayor de Bogotá, Bogotá, Colombia, 2008. Recuperado el 15 de agosto de 2020 de secretaria distrital de ambiente: <http://ambientebogota.gov.co/web/sda/normatividad2>
- Rial, A. (2013). Plantas acuáticas: aspectos sobre su distribución geográfica, condición de maleza y usos en sitio web. [revistas.humboldt.org.co](http://revistas.humboldt.org.co), núm.2 vol.14. Recuperado el 6 de marzo de 2019 de *Biota Colombiana*: <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/article/view/283/281>
- Silva, J. (2011). En el origen, todo era del agua, en sitio web. [eltiempo.com](http://eltiempo.com) . Recuperado el 28 de marzo de 2019 de *EL TIEMPO*: <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-4562739>
- Van Der Hammen, T. (2005). La conservación de la biodiversidad: hacia una estructura ecológica de soporte de la nación colombiana. Recuperado el 10 de febrero de 2019, de <http://www.bdigital.unal.edu.co/14262/>

Zhang, W. W., & Zhang, J. (2011). Waterbirds as bioindicators of wetland heavy metal pollution. Recuperado el 4 de marzo de 2019, de: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878029611006244?via%3Dihub>

## ANEXOS.

Anexo 1: Protocolo 1 Comprobación principio de sedimentación.....	35
Anexo 2: Video-protocolo 1.....	35
Anexo 3: Video-protocolo 1.....	35
Anexo 4: Protocolo 2 Comprobación evolución del principio de sedimentación .....	36
Anexo 5: Video-protocolo 2.....	36
Anexo 6: Video-protocolo 2.....	36
Anexo 7: Video-protocolo 2.....	36
Anexo 8: Protocolo 3 Definición del principio de sedimentación.....	37
Anexo 9: Video-protocolo 3.....	37
Anexo 10: Video-protocolo 3.....	37
Anexo 11: Protocolo 4 Evaluación del dispositivo .....	52
Anexo 12: Video-protocolo 4.....	52
Anexo 13: Video-protocolo 4.....	52
Anexo 14: Video-protocolo 4.....	52