

Sistema para el Tratamiento de Aguas Residuales

Erika Juliana Quemba

Laura Daniela Vela

Fabian Salcedo

Docente

Pedro Ricardo Medina Motta

Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca

Facultad de Ingeniería y Arquitectura

Construcción y Gestión en Arquitectura

2024

Pedro Ricardo Medina Motta

|

Jurado

Jurado

Dedicatoria

Dedicamos este proyecto a todas aquellas personas que, con su apoyo incondicional y guía, han dejado una huella positiva en nuestro camino.

A nuestros seres queridos, cuya paciencia, amor y constante aliento nos han dado la fuerza para alcanzar este logro.

A la comunidad académica, por su incansable compromiso con la formación y la búsqueda del conocimiento, inspirándonos a ser mejores cada día.

Y, finalmente, a quienes trabajan por un futuro más sostenible, quienes nos motivan a contribuir con soluciones innovadoras para el cuidado del medio ambiente y la preservación del agua, el recurso más valioso de la vida.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que nos han apoyado durante la realización de este proyecto de grado.

A nuestras familias, gracias por ser nuestro pilar fundamental. A nuestros padres, quienes siempre nos han brindado su amor incondicional, su apoyo y sus consejos sabios. Su fe en nosotros y en nuestras capacidades nos ha motivado a superar cada desafío.

A nuestros amigos, quienes han sido una fuente constante de ánimo. Gracias por estar ahí en los momentos difíciles y por celebrar con nosotros cada pequeño avance. Su amistad y apoyo incondicional han sido invaluable durante todo este proceso.

A nuestros docentes, quienes nos han guiado y orientado a lo largo de nuestra carrera. Su dedicación, conocimientos y consejos han sido esenciales para nuestro crecimiento académico y profesional. A nuestro director de proyecto, por su paciencia, sabiduría y orientación precisa; y a todos los profesores que, de una manera u otra, han contribuido a nuestra formación.

A todos ustedes, nuestro más profundo agradecimiento. Este logro es tanto nuestro como suyo.

Prologo

La gestión sostenible de los recursos hídricos y la protección del medio ambiente ha llevado a la búsqueda de soluciones innovadoras para el tratamiento de aguas residuales. En este contexto, el presente trabajo de investigación aborda un caso específico en el Batallón de Mantenimiento de la Marina en Guaymaral, con el objetivo de diseñar, construir e implementar un sistema de tratamiento de aguas residuales basado en un humedal artificial.

Este enfoque, que se inspira en los procesos naturales de depuración, no solo busca mitigar el impacto ambiental de los vertidos de aguas contaminadas, sino también contribuir de manera activa a la recuperación del recurso hídrico, un bien cada vez más escaso y esencial. El tratamiento de aguas residuales a través de humedales artificiales ha ganado relevancia como una alternativa ecológica, eficiente y económica, y este estudio se dedica a explorar su viabilidad dentro de un caso específico, como es el de una instalación militar, en la que las necesidades de sostenibilidad y de cumplimiento con normativas está exigiendo una solución a la problemática existente.

Resumen

En el presente documento se expone un caso de estudio a tratar frente a la problemática en el Batallón de Mantenimiento de la Marina en Guaymaral, en donde se pretende proponer el diseño, construcción e implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales basado en un humedal artificial de flujo sub-superficial vertical. Este enfoque aprovecha procesos naturales de depuración para reducir los niveles de contaminación del agua antes de su descarga, contribuyendo así a la recuperación del recurso hídrico y la mitigación del impacto ambiental. La investigación contempla una revisión exhaustiva de diferentes métodos de tratamiento para seleccionar la solución más adecuada, evaluando factores técnicos, económicos y ambientales. Se realizará el diseño detallado del humedal artificial, incluyendo el dimensionamiento, selección de materiales y vegetación apropiada, así como la planificación de su construcción e implementación en las instalaciones del Batallón.

Además, se llevarán a cabo pruebas y monitoreo para evaluar la eficiencia del sistema en la remoción de contaminantes y el cumplimiento de los estándares de calidad del agua establecidos. Se analizarán los impactos ambientales, sociales y económicos de la implementación del humedal artificial, así como su viabilidad a largo plazo.

Palabras clave: Humedal, Aguas residuales, Sistema de tratamiento.

Abstract

This document presents a case study to address the problem in the Navy Maintenance Battalion in Guaymaral, where it is intended to propose the design, construction and implementation of a wastewater treatment system based on a wetland. artificial vertical subsurface flow. This approach takes advantage of natural purification processes to reduce water pollution levels before discharge, thus contributing to the recovery of water resources and the mitigation of environmental impact.

The research includes an exhaustive review of different treatment methods to select the most appropriate solution, evaluating technical, economic and environmental factors. The detailed design of the artificial wetland will be carried out, including sizing, selection of materials and appropriate vegetation, as well as planning its construction and implementation in the Battalion facilities.

Additionally, testing and monitoring will be carried out to evaluate the system's efficiency in removing contaminants and compliance with established water quality standards. The environmental, social and economic impacts of the implementation of the artificial wetland will be analyzed, as well as its long-term viability.

Keywords: Wetland, Wastewater, Treatment system.

Contenido

Resumen	6
Abstract.....	7
Lista de Tablas.....	15
Lista de Figuras	16
Introducción.....	17
Resumen Ejecutivo	18
Problema Identificado y Concepto de Negocio	18
Potencial del Mercado en Cifras.....	19
Propuesta de Valor y Ventaja Competitiva	21
La Empresa	22
Nombre de la Empresa	22
Actividad de la Empresa.....	22
Sector Productivo en que se Encuentra la Empresa	22
Clientes a Quien se Dirige	22
Visión y Misión.	23
Objetivos de la Empresa.....	23
Razón Social y Logo	25
Eslogan	25
Referencia de los Promotores	25
Localización de la Empresa.....	26
Estudio de Mercado	26
Análisis del Sector	26

Condiciones Socio Demográficas.....	26
Condiciones Culturales.....	27
Condiciones Económicas.....	29
Condiciones Legales.....	30
Condiciones Tecnológicas del Entorno Global de la Empresa.....	31
Desarrollo Tecnológico e Industrial del Sector y Mercados Objetivos.....	32
Relación con Agremiaciones Existentes.....	33
Análisis del Mercado.....	34
Análisis del Mercado Objetivo y su Comportamiento Histórico.....	34
Estimación del Segmento o Nicho del Mercado.....	35
Análisis del Cliente o Consumidor.....	37
Esbozo del Perfil del Consumidor.....	37
Elementos que Influyen en la Compra y Aceptación del Producto o Servicio.....	37
Tendencias del Consumo.....	38
Análisis de la Competencia.....	39
Identificación de los Principales Competidores Actuales o Potenciales.....	39
Análisis de Productos Sustitutos.....	40
Análisis de los Precios de Venta de la Competencia.....	41
Estudio de la Imagen de la Competencia ante los Clientes.....	42
Plan de Marketing.....	45
Estrategia de Producto o Servicio.....	45
Presentación, Dimensión, Modulación, Empaque y Embalaje.....	46
Garantía y Servicio de Postventa.....	46

	10
Mecanismos de Atención a Clientes.....	47
Estrategia de Precio	47
Definición y Lista de Precios de Venta del Producto.....	47
Impuesto de Ventas y Descuentos	48
Condiciones de Pago y Condiciones de Crédito.....	50
Seguros Necesarios, Impuesto de Ventas	51
Costos de Transporte	52
Estrategias de Promoción y Comunicación	55
Tácticas de Mercadeo	55
Costos de Publicidad	55
Fuerza de Ventas	56
Estrategia de Distribución	58
Capacidad de Cobertura o de Atención	58
Alternativas de Penetración en el Mercado, Canales de Distribución.....	59
Plan de Compras.....	59
Identificación de Proveedores	59
Planeación de Compras	60
Identificación del Producto o Servicio	64
Presentación.....	64
Ficha Técnica.....	66
Área de Investigación	69
Tema de Investigación.....	70
Título de la Investigación	70

	11
Línea de Investigación.....	70
Tipo de Investigación	71
Clase de Investigación.....	71
Objetivo General y Específicos del Producto o Servicio	71
Cuadro de Variables, Valores e Indicadores	72
Herramientas de Investigación Utilizadas	73
Evidencia de Diligenciamiento del CVLAC	73
Obtención Número ORCID.....	75
Descripción del producto o Servicio	76
Formulación del Problema por Investigar	76
Árbol del Problema, Causas y Efectos, Descripción	76
Árbol de Objetivos, Medios y Fines, Definición.....	77
Delimitación Temática y Geográfica.....	78
Descripción.....	78
Concepto General del Producto o Servicio.....	78
Impacto Tecnológico, Social y Ambiental	79
Potencial Innovador	80
Justificaciones del Problema Por Investigar.....	81
Justificación Ambiental	81
Justificación Social.....	81
Justificación Económica.....	81
Justificación Profesional.....	82
Justificación Tecnológica	82

	12
Necesidades que Satisface	82
Impacto Ambiental	82
Metodología de la Investigación.....	83
Alcance	83
Procedimientos	83
Población y Muestra o Ensayos o Encuesta o Entrevistas.....	84
Técnicas e Instrumentos	85
Antecedente del Problema por Investigar.....	85
Estado del Arte del Problema a Investigar	87
Marcos Contextual o Referencial	87
Marco Teórico	87
Marco Histórico.....	91
Marco Normativo	92
Marco Productivo	99
Nombre del Producto o Servicio	101
Nombre e Imagen del Producto o Servicio.....	101
Composición del Producto o Servicio	102
Insumos, Elementos y Componentes del Producto o Servicio	104
Especificaciones Técnicas del Servicio	106
Características Físicas, Químicas y Mecánicas del Producto.....	108
Ventajas Comparativas	109
Periodicidad, Características de Uso	113
Proceso de Producción del Producto	115

Identificación de las Actividades Necesarias para el Diseño, Puesta en Marcha y Producción	115
Duración del Ciclo Productivo	118
Capacidad Instalada.....	124
Proceso de Control de Calidad	126
Proceso de Seguridad Industrial	131
Puesta en Marcha, en Obra o en el Mercado	133
Materias Primas e Insumos.....	138
Pruebas y Ensayos	138
Tecnología Herramientas, Equipos y Maquinaria	139
Necesidades y Requerimientos	140
Pruebas Piloto, Secuencia de Uso, Planes de Manejo	140
Sistema de Presentación, Empaque y Embalaje	142
Costos	143
Precios Unitarios	143
Costos Globales de Producción	144
Estimación de costos por m ²	144
Valor Comercial del Producto	144
Análisis y Aplicación de la Legislación Vigente.....	145
Protección Intelectual e Industrial del Producto o Servicio	146
Conclusiones.....	147
De la Investigación del Producto o Servicio	147
Glosario de Términos y Vocabulario en español.....	148

Glosario y Términos y Vocabulario en inglés	150
Bibliografía.....	152

Lista de Tablas

Tabla 1 Mercado en Cifras	19
Tabla 2 Cuadro de Variables, Valores e Indicadores	72
Tabla 3 Ventajas Comparativas	110
Tabla 4 Diseño Conceptual.....	117
Tabla 5 Precios Unitarios Humedal Batallón	143
Tabla 6 Glosario Español	148
Tabla 7 Glosario Inglés.....	150

Lista de Figuras

Ilustración 1 Canvas	21
Ilustración 2 Logo.....	25
Ilustración 3 Competencia Potencial	39
Ilustración 4 Análisis de Precios	41
Ilustración 5 Presupuesto de Comunicación.....	56
Ilustración 6 Representación Gráfica	64
Ilustración 7 Representación Gráfica	65
Ilustración 8 Representación Gráfica	65
Ilustración 9 Ficha Técnica	66
Ilustración 10 Corte Vallado.....	68
Ilustración 11 Evidencia CVLAC	74
Ilustración 12 Evidencia CVLAC	74
Ilustración 13 Evidencia CVLAC	75
Ilustración 14 Evidencia ORCID.....	75
Ilustración 15 Evidencia ORCID.....	76
Ilustración 16 Evidencia ORCID.....	76
Ilustración 17 Árbol de Problemas	77
Ilustración 18 Árbol de Objetivos	77
Ilustración 19 Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Vertical.....	102
Ilustración 21 Agua con colorante.....	139
Ilustración 20 Toma de muestras.....	139

Introducción

A continuación, se visualizará la investigación realizada con interpretación desde diferentes enfoques teniendo en cuenta que el adecuado manejo y tratamiento de las aguas residuales es un aspecto crucial para proteger el medio ambiente y la salud pública. En el caso del Batallón de Mantenimiento de la Marina en Guaymaral, caso de estudio a tratar se ha identificado la necesidad de abordar la gestión de las aguas residuales de manera eficiente y sostenible.

Actualmente, en las instalaciones del Batallón, se presenta una mezcla de aguas con residuos orgánicos y aguas lluvias, así como el vertido directo de aguas servidas sin un tratamiento adecuado. Esta situación ha provocado impactos negativos en el entorno, como la contaminación de cuerpos de agua receptores, proliferación de plagas e insectos, y riesgos para la salud de la comunidad y el ecosistema local.

Ante esta problemática, se ha propuesto implementar una solución basada en un humedal artificial de flujo sub-superficial vertical como método de tratamiento.

Resumen Ejecutivo

Problema Identificado y Concepto de Negocio

Consultoría en el tratamiento de aguas residuales

El servicio brindado es una consultoría para el tratamiento de aguas en un caso de estudio real (Tratamiento de aguas en el Batallón de Mantenimiento de la Marina, Guaymaral) basado en la investigación en busca del mejor método de tratamiento para el manejo del agua residual donde se logre una recuperación del recurso hídrico a través del diseño, construcción e implementación de un humedal artificial de flujo sub-superficial vertical, cuyo objetivo es lograr la limpieza del agua residual bajando sus niveles de contaminación a niveles aptos antes de ser liberada al vallado contribuyendo considerablemente a la mejoría del medio ambiente.

Esta necesidad surge a causa de la evidente falta de gestión del tratamiento al tener una mezcla de aguas con residuos orgánicos y aguas lluvia, además del vertimiento de aguas servidas como método de eliminación y no como tratamiento teniendo en cuenta un sistema de filtración de contaminantes en donde se realicen procesos previos al vertimiento de agua residual a cuerpos de agua receptores.

Ya que estos factores ecológicos son pasados por alto y el agua es liberada indiscriminadamente al vallado que delimita la propiedad en su parte norte teniendo posible consecuencia en el aumento de la precariedad en los aspectos higiénicos, contaminación de los cuerpos hídricos receptores, proliferación de enfermedades plagas e insectos, contaminación al entorno y medio ambiente que puede traer consecuencias como afectación o modificación en las interrelaciones naturales de cualquier organismo vivo, impacto en la calidad del aire, afectaciones graves en la salud de la comunidad, la sanidad animal y vegetal.

Estos factores pueden lograr una alteración en la calidad del recurso hídrico, conllevando a la modificación y hasta la extinción de microorganismos esenciales para el correcto desarrollo de la vida de múltiples especies de la fauna y flora autóctonas del sector, es necesario tanto por consciencia como por manejos internos del batallón implementar un sistema eficiente.

Potencial del Mercado en Cifras

Tabla 1 Mercado en Cifras

<i>Municipio</i>	<i>Cantidad de habitantes</i>
<i>Bojacá</i>	11.535
<i>Zipacón</i>	5.445
<i>Subachoque</i>	17.408
<i>Zipaquirá</i>	161.445
<i>Cajicá</i>	102.554
<i>Cogua</i>	26.055
<i>Cota</i>	29.070
<i>Chía</i>	158.258
<i>Gachancipá</i>	20.142
<i>Nemocón</i>	15.588
<i>Sopó</i>	30.780
<i>Tabio</i>	25.692
<i>Tocancipá</i>	46.918
<i>El Rosal</i>	17.254
<i>Facatativá</i>	141.762

<i>Funza</i>	75.350
<i>Madrid</i>	85.090
<i>Mosquera</i>	82.750
<i>Tenjo</i>	18.387
<i>TOTAL</i>	1.071.483

Fuente: Elaboración Propia

Propuesta de Valor y Ventaja Competitiva

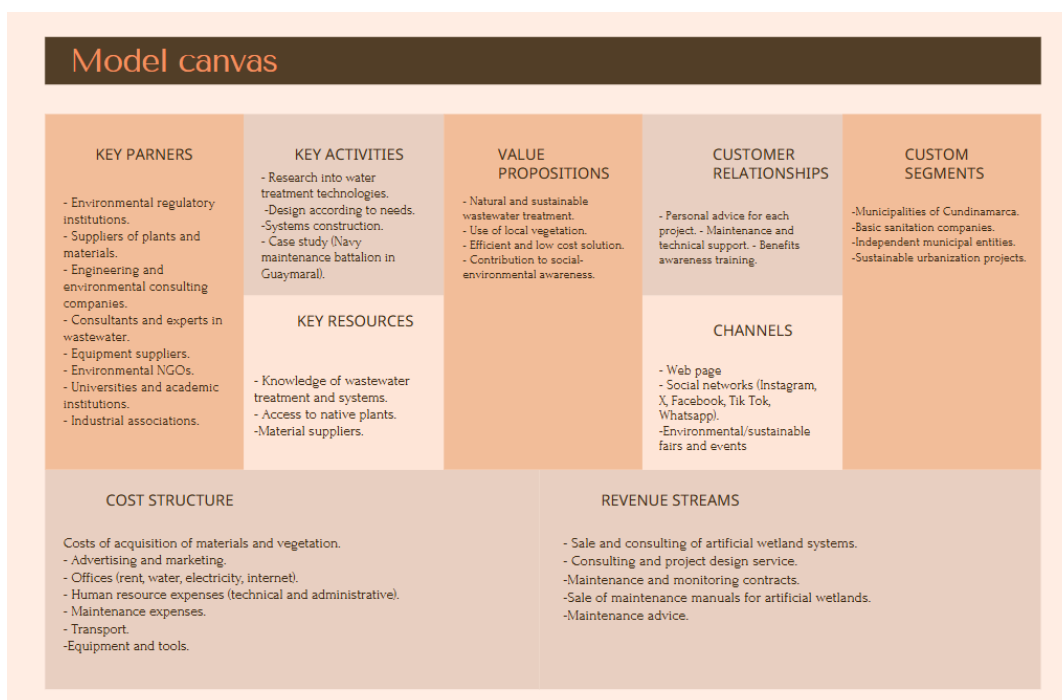
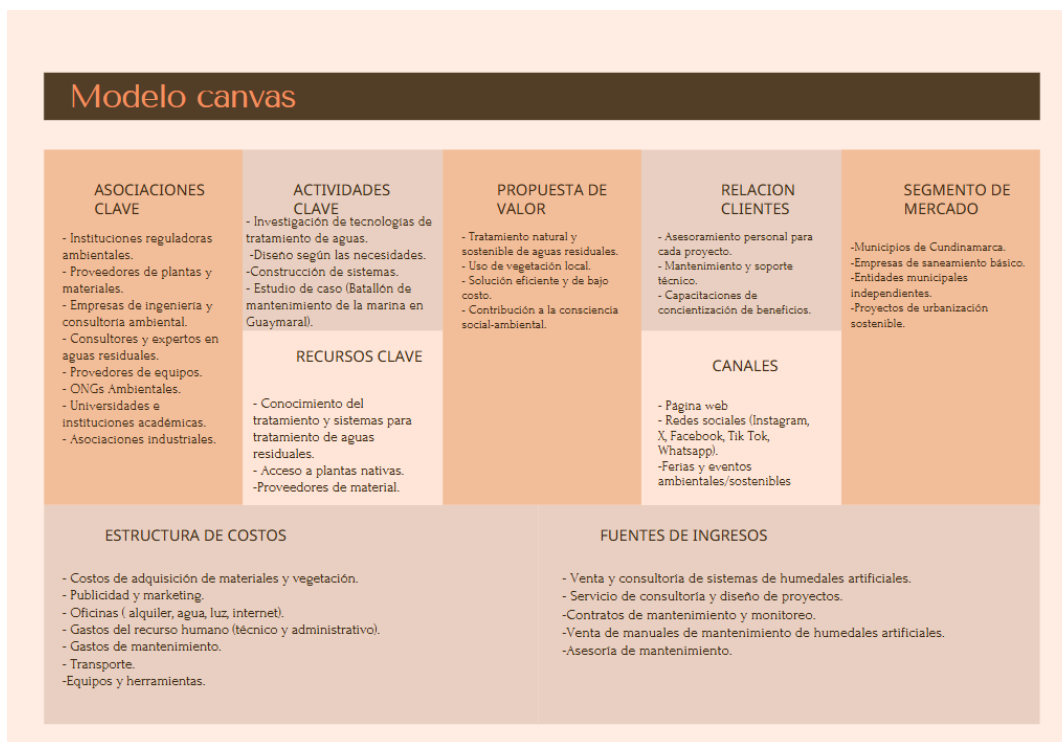


Ilustración 1 Canvas

La Empresa

Nombre de la Empresa

HidroEco Consultoria

Actividad de la Empresa

La empresa HidroEco Consultoría se especializa en el diseño, construcción y mantenimiento de sistemas de tratamiento para aguas residuales utilizando tecnología de humedales artificiales. Estos humedales son ecosistemas contruidos artificialmente que imitan los procesos naturales de purificación del agua.

En primer lugar, se colabora con los clientes para entender sus necesidades específicas y diseñar soluciones personalizadas que se adapten a sus requerimientos y al entorno local. Posterior a ello se realiza la construcción de los sistemas, utilizando materiales de alta calidad y técnicas avanzadas para garantizar su eficiencia y durabilidad.

Una vez que el sistema está en funcionamiento, se ofrecen servicios de mantenimiento constante para asegurar su óptimo rendimiento a largo plazo. Esto incluye inspecciones regulares, limpieza de los componentes, y ajustes según sea necesario para mantener la eficacia del tratamiento.

Sector Productivo en que se Encuentra la Empresa

La empresa HidroEco Consultoría pertenece al sector productivo secundario ya que en este se incluyen las actividades en la cuales se transforman productos generalmente del sector primario o del mismo sector secundario, su rama de actividad es la construcción.

Cientes a Quien se Dirige

Dentro del mercado y como segmento de mercado esperamos impactar en el departamento de Cundinamarca más exactamente en la sabana centro y occidente que comprende 19 municipios.

En la sabana centro (Cajicá, Chía, Cogua, Cota, Gachancipá, Nemocón, Sopo, Tabio, Tenjo, Tocancipá, Zipaquirá) y en la sabana Occidente (Bojacá, El Rosal, Facatativá, Funza, Madrid, Mosquera, Subachoque y Zipacón), empresas de saneamiento básico, empresas públicas de Cundinamarca y proyectos de urbanización sostenible en búsqueda de construir significativamente en la mejora de la calidad del agua y la sostenibilidad ambiental.

Visión y Misión.

Misión: Comprometernos con la transformación del manejo de aguas residuales mediante la construcción y consultoría de sistemas de tratamiento basados en humedales artificiales con vegetación nativa (colombiana), igualmente ofrecer soluciones sostenibles y eficientes para mejorar la calidad del agua, protegiendo la biodiversidad, el bienestar de las comunidades y promoviendo tanto el desarrollo sostenible como el uso responsable de los recursos hídricos.

Visión: Ser reconocidos como líderes en el desarrollo y aplicación de tecnologías de tratamiento de aguas residuales basadas en humedales artificiales en Colombia, aspiramos a impulsar en el campo la investigación, la educación ambiental y el uso de prácticas sostenibles en el sector, con el fin de generar un impacto positivo duradero en el medio ambiente en comunidades, empresas y entidades beneficiarias.

Objetivos de la Empresa

Objetivo principal:

Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales mediante un humedal artificial subsuperficial de flujo vertical para un caso de estudio real, que sea eficaz y eficiente en la remoción de contaminantes, y que cumpla con los criterios de viabilidad técnica, económica y

ambiental, a fin de proporcionar una solución sostenible e integral para el manejo adecuado de las aguas residuales.

Objetivos específicos:

- **Dimensionar y diseñar el humedal artificial subsuperficial de flujo vertical:** Desarrollar los planos y especificaciones técnicas necesarias para la construcción de un humedal que trate eficientemente el agua residual generada, tomando en cuenta las condiciones específicas del batallón, como la población permanente y rotativa, así como las características del terreno.
- **Evaluar la efectividad del humedal en el tratamiento de aguas residuales:** Determinar la capacidad del humedal para reducir la carga contaminante del agua residual, evaluando parámetros clave como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos y nutrientes, y asegurando el cumplimiento de las normativas locales de calidad del agua
- **Realizar un análisis de viabilidad y sostenibilidad:** Analizar la viabilidad técnica, económica y ambiental del proyecto de humedal artificial subsuperficial vertical en el batallón, considerando los costos de construcción, mantenimiento y operatividad a largo plazo, así como su impacto en la mejora de la calidad del agua y la sostenibilidad ambiental del batallón.

Razón Social y Logo

HidroEco Consultoria



Ilustración 2 Logo

Eslogan

El agua es el oro del mañana

Referencia de los Promotores

-El Batallón de Mantenimiento de la Marina en Guaymaral:

El Batallón de Mantenimiento de la Marina en Guaymaral es el lugar donde se llevará a cabo el proyecto. Por lo tanto, esta institución es uno de los principales promotores del mismo, ya que es quien enfrenta la problemática de tratamiento de aguas residuales y se beneficiará directamente de la solución propuesta.

-Organismos gubernamentales:

Dado que el proyecto está relacionado con la gestión de recursos hídricos y la mitigación de impactos ambientales, las autoridades nacionales y locales encargadas de la regulación y protección del medio ambiente también pueden ser promotores o actores clave. Esto incluye instituciones como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Departamento de Planeación, o la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), quienes supervisan el cumplimiento de las normativas ambientales.

-Entidades académicas y de investigación:

En este caso, universidades y centros de investigación en ingeniería o ciencias ambientales son también promotores importantes del proyecto. Estos actores están involucrados en la parte investigativa, proporcionando conocimiento técnico y científico necesario para desarrollar la solución más adecuada en cuanto a tratamiento de aguas residuales.

-Organizaciones no gubernamentales (ONGs):

Las ONGs que se enfocan en la protección del medio ambiente, la recuperación de ecosistemas acuáticos, o la gestión de recursos hídricos, podrían respaldar el proyecto como promotores interesados en la mitigación del impacto ambiental en las instalaciones militares o en zonas con problemas de contaminación.

-Gobierno local o autoridades municipales:

Las autoridades locales o municipales podrían ser también promotores del proyecto. Ellos están comprometidos con el bienestar de la comunidad y el medio ambiente, y un proyecto de este tipo contribuiría a la mejora de la calidad del agua y a la sostenibilidad de la región.

Localización de la Empresa

Bogotá, Colombia

Estudio de Mercado

Análisis del Sector

Condiciones Socio Demográficas

La sabana central de Cundinamarca se desarrolla en terrenos planos o poco inclinados, que en la época de lluvias se inundan y en la de sequía se endurecen y agrietan. El clima tropical de sabana o clima tropical húmedo-seco, es un subtipo de clima tropical caracterizado por poseer

al menos dos estaciones bien definidas, en donde Si la estación húmeda es corta puede presentarse con lluvias torrenciales. Este clima genera un ecosistema de alta montaña; poseen altos niveles de biodiversidad y fragilidad, y se componen de bosques altoandinos, humedales, relictos de ecosistemas semisecos y páramos, todos con diversos tipos de intervención y transformación.

El desarrollo de las poblaciones que habitan la sabana central de Cundinamarca es de similares características en las que se encuentran lotes de tipo residencial que no cuentan con un sistema de Alcantarillado ni recolección de aguas servidas. Pequeñas y medianas fincas que estén dedicadas a la siembra y cosecha de alimentos que su actividad principal es la agricultura y que usan sistemas de riego, pequeñas y medianas industrias, Hoteles, hostales y viviendas empresas del sector agroalimentario, las industrias lácteas. En la actualidad se construyen condominios rurales con enfoque a la auto sustentabilidad el factor común de todos los habitantes de la sabana centro de Cundinamarca es velar por la conservación de los cuerpos de agua y preservación de los ecosistemas naturales que garantizan la disponibilidad y el abastecimiento del recurso hídrico.

Condiciones Culturales

El Ministerio de Ambiente destaca que la cultura del Uso Eficiente y Ahorro del Agua está en aumento, impulsada por la creciente presión sobre los recursos hídricos, lo que hace urgente promover prácticas más eficientes en el consumo de agua. Es esencial desarrollar e implementar herramientas de gestión hídrica para optimizar la demanda de agua, garantizando así la capacidad de las cuencas de regular el ciclo hidrológico, manteniendo la sostenibilidad tanto del agua como del suelo, y asegurando su disponibilidad y acceso.

A pesar de los esfuerzos en la promoción del uso eficiente del agua, el nivel de implementación sigue siendo bajo en comparación con las concesiones de agua registradas. Según los datos del Sistema de Información del Recurso Hídrico, solo el 1.3% de las concesiones registradas en 2019 incluían programas para el uso eficiente y ahorro del agua. (U.A.E Cuerpo Oficial de Bomberos Bogotá DC, 2022)

La educación ambiental debe fomentar nuevas formas de interacción con el agua y la construcción de valores que promuevan la tolerancia, el respeto por las diferencias, la convivencia pacífica y la participación democrática. Esto implica una formación en responsabilidad ética ciudadana, permitiendo a las personas y comunidades estar mejor informadas y capacitadas para actuar de manera crítica, reflexiva y responsable. Además, facilitaría la difusión y construcción de nuevos conocimientos que conduzcan a cambios deseados en comportamientos, valores y estilos de vida. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible , 2019).

A nivel nacional el uso eficiente del agua también ha adquirido relevancia, buscando garantizar la sostenibilidad de los recursos hídricos en el territorio nacional, son de gran aceptación los proyectos en pro de la sostenibilidad y la conservación de ecosistemas que garantizan la producción del agua y es de vital importancia reconocer y respetar la importancia del recurso hídrico empezando con la concientización de su fragilidad e importancia en el desarrollo de todo tipo de vida, entender que es un recurso limitado y no renovable en el que absolutamente todos tenemos responsabilidad con nuestras acciones que van desde el manejo, uso eficiente y final disposición asta acciones que prevengan la contaminación de afluentes y cuerpos hídricos.

Condiciones Económicas

El agua tratada puede ser reutilizada en actividades como el riego de cultivos, la producción alimentaria y la cría de animales. La falta de acceso adecuado al agua puede tener un impacto negativo en la producción de alimentos y en la seguridad alimentaria a nivel global. El agua es uno de los recursos más demandados por la industria, siendo el sector agrícola el mayor consumidor, con 16.760,3 millones de m³, lo que representa el 46,6% del total. Le sigue el sector energético, con una demanda de 7.738,6 millones de m³ (21,5%), el sector pecuario con 3.049,4 millones de m³ (8,5%) y el consumo doméstico con 2.963,4 millones de m³ (8,2%) según datos del DANE. (Yeison, 2017).

La relación entre el agua y las actividades económicas de una región es crucial, ya que la disponibilidad de este recurso influye directamente en los costos de producción, tanto de productos orgánicos como artificiales. Esto lleva a la implementación de una tarifa por el uso del agua, que corresponde al cobro que se hace a los usuarios por emplear agua de fuentes naturales, bajo una concesión. El objetivo principal de esta tarifa es cubrir los costos de gestión del recurso hídrico, fomentar la reducción del consumo y promover su conservación. De esta manera, la tarifa tiene una doble función: por un lado, actúa como una herramienta de gestión para alcanzar metas ambientales relacionadas con la preservación y el uso eficiente del agua; por otro, es una fuente de financiamiento para inversiones ambientales que aseguren la sostenibilidad del recurso. (Corpocaldas, 2023).

¿Quién debe pagar la Tasa por Utilización de Aguas?

La Tasa por Utilización de Aguas debe ser pagada por todas las personas, tanto naturales como jurídicas, ya sean públicas o privadas, que hagan uso del recurso hídrico bajo una concesión, sin importar si el uso es con fines lucrativos o no. Sin embargo, quedan exentas de este pago las

personas que emplean el agua exclusivamente para cubrir sus necesidades básicas, siempre y cuando no haya desviación del cauce natural del agua. (CRQ, 2020)

¿Quién cobra la Tasa por Utilización de Aguas?

Las entidades autorizadas para cobrar la Tasa por Utilización de Aguas incluyen las Corporaciones Autónomas Regionales, las Corporaciones para el Desarrollo Sostenible, las Autoridades Ambientales de los principales centros urbanos, así como aquellas mencionadas en el artículo 13 de la Ley 768 de 2002, y la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (CRQ, 2020)

¿Cuál es la destinación de los recursos?

Los recursos se asignarán únicamente a actividades relacionadas con la protección, recuperación y monitoreo del agua. Al emplear agua regenerada de procesos industriales previos, se reduce el uso de agua potable, logrando un ahorro significativo que puede oscilar entre el 97% y el 98%.

Condiciones Legales

Ley 99 de 1993: Esta ley establece el Sistema Nacional Ambiental y crea el Ministerio del Medio Ambiente. Reconoce la importancia de la conservación de ecosistemas y recursos hídricos, lo que incluye los humedales.

Código Nacional de Recursos Naturales: En este código se encuentran disposiciones relacionadas con la protección de los recursos hídricos y los ecosistemas acuáticos, que son relevantes para el manejo de humedales.

Decreto 1745 de 2003: Este decreto establece el régimen de protección y manejo de los humedales en Colombia, promoviendo su conservación y el uso sostenible de sus recursos.

Resolución 1362 de 2007: Emitida por el Ministerio de Ambiente, esta resolución establece criterios para la restauración y conservación de humedales, así como lineamientos para la formulación de planes de manejo.

Ley 1450 de 2011: También conocida como el Plan Nacional de Desarrollo, incluye disposiciones sobre la gestión integrada de los recursos hídricos, enfatizando la importancia de los humedales en el contexto del desarrollo sostenible.

Ley 1776 de 2016: Esta ley establece el marco para la restauración de ecosistemas degradados y promueve la recuperación de humedales como parte de la estrategia para el manejo de recursos naturales.

Normativa ambiental regional: Las autoridades ambientales en cada región pueden tener sus propias regulaciones y planes de manejo específicos para humedales artificiales, dependiendo de las características locales y los ecosistemas involucrados.

Compromisos internacionales: Colombia es signataria de varios convenios internacionales que promueven la conservación de humedales, como el Convenio de Ramsar, que se centra en la conservación y el uso sostenible de los humedales a nivel mundial.

Condiciones Tecnológicas del Entorno Global de la Empresa

El incremento en el uso del agua para diversas aplicaciones, sumado a la reducción de recursos debido a la contaminación, plantea la necesidad de una gestión sostenible del agua, enfocada en su ahorro, reutilización y protección contra la contaminación. En este contexto, el empleo de tecnologías sostenibles, tanto para el suministro de agua como para su tratamiento, surge como

una alternativa viable para enfrentar la crisis hídrica. Las tecnologías sostenibles para el tratamiento de aguas residuales se basan en procesos naturales de depuración que no requieren aditivos químicos, utilizando plantas acuáticas, el suelo y microorganismos para eliminar contaminantes. Estas tecnologías, aunque requieren más espacio que las convencionales, consumen menos energía y generan menos lodo, lo que las hace especialmente adecuadas para áreas rurales. Sin embargo, su uso se limita a efluentes totalmente biodegradables, restringiéndolos principalmente a aguas residuales urbanas. Existen dos categorías principales de técnicas de depuración natural: las que aplican el agua sobre la tierra (filtros verdes, infiltración rápida, esorrentía superficial, lechos de turba y lechos de arena) y los sistemas acuáticos (lagunas, humedales y cultivos acuáticos). (Madrid Blogs, 2010).

Desarrollo Tecnológico e Industrial del Sector y Mercados Objetivos

La adopción de nuevas tecnologías en el sector del tratamiento de aguas residuales, junto con los avances en investigación y desarrollo, ha permitido una gestión más eficiente del agua. La mayoría de estas acciones se enfocan en:

Mejora del tratamiento: Las tecnologías avanzadas permiten eliminar con mayor eficacia los contaminantes presentes en las aguas residuales. Estas incluyen sistemas de filtración, oxidación química, desinfección avanzada y procesos biológicos más eficientes. En los últimos años, los avances tecnológicos han optimizado los procesos de tratamiento, asegurando la eliminación efectiva de contaminantes y el cumplimiento de los estándares de calidad del agua.

Recuperación de recursos: La tecnología es clave en la recuperación de recursos valiosos de las aguas residuales. Por ejemplo, mediante la digestión anaerobia, se puede generar biogás a partir de lodos residuales, y con procesos de membranas se recupera agua de alta calidad, reutilizable en aplicaciones industriales o agrícolas.

Monitoreo y control: La tecnología permite monitorear en tiempo real los procesos de tratamiento y las características del agua residual. Sensores y sistemas automatizados recopilan datos sobre parámetros clave, como la concentración de contaminantes, el flujo de agua y los niveles de oxígeno, lo que optimiza las operaciones, detecta anomalías y ajusta los procesos para maximizar la eficiencia.

Innovación y desarrollo de nuevas soluciones: Los avances tecnológicos facilitan la investigación y la implementación de nuevos métodos de tratamiento, materiales mejorados para membranas, y tecnologías de desinfección más eficientes, lo que impulsa mejoras continuas en el sector y promueve la adopción de soluciones más sostenibles.

Eficiencia y sostenibilidad: La tecnología mejora la eficiencia general de los procesos de tratamiento, reduciendo costos operativos, consumo de energía y residuos. Además, se disminuye el impacto ambiental mediante enfoques sostenibles como la generación de energía renovable, la reducción de emisiones y la minimización de subproductos tóxicos.

En resumen, la tecnología es fundamental en el tratamiento de aguas residuales, mejorando la eficiencia, la calidad del agua, la recuperación de recursos y la sostenibilidad de los procesos. Los avances continuos en este ámbito ayudan a enfrentar los desafíos relacionados con la gestión del agua y la protección del medio ambiente. (Telwesa, 2023).

Relación con Agremiaciones Existentes

Agremiaciones de ingeniería ambiental:

Promueven tecnologías avanzadas de filtración, oxidación y desinfección, mejorando la eficiencia del tratamiento de aguas.

Agremiaciones académicas:

Impulsan el desarrollo de nuevas soluciones y materiales para mejorar los procesos de tratamiento y recuperación de recursos.

Agremiaciones de sostenibilidad:

Fomentan la adopción de tecnologías que optimizan la eficiencia, reducen costos y el impacto ambiental, como el uso de energía renovable en el tratamiento de aguas.

Agremiaciones de monitoreo y control:

Apoyan el uso de sensores y sistemas automatizados para el monitoreo en tiempo real de los procesos de tratamiento.

Agremiaciones industriales:

Promueven la recuperación de recursos valiosos (agua) y la eficiencia operativa en el sector.

Estas agremiaciones facilitan la implementación y difusión de tecnologías que mejoran la eficiencia en el tratamiento de aguas residuales, optimizan los procesos de recuperación de recursos, permiten el monitoreo en tiempo real y facilitan la sostenibilidad a largo plazo. Las agremiaciones no solo sirven de plataforma para el intercambio de conocimiento, sino que también proporcionan las herramientas necesarias para implementar soluciones tecnológicas innovadoras que mejoren la calidad del agua y reduzcan el impacto ambiental.

Análisis del Mercado

Análisis del Mercado Objetivo y su Comportamiento Histórico

La investigación realizada ha permitido un análisis exhaustivo del segmento de mercado objetivo y la viabilidad del producto o servicio ofrecido por Hidroeco Consultoría. Se ha identificado claramente la necesidad de evaluar la viabilidad del mercado y del producto.

Específicamente, se ha destacado la importancia de segmentar el mercado dentro del departamento de Cundinamarca, en áreas específicas como la sabana centro y occidente, donde

empresas de saneamiento básico, entidades públicas y proyectos de urbanización sostenible buscan mejorar la calidad del agua y la sostenibilidad ambiental.

A lo largo de las últimas décadas, se ha observado una evolución tecnológica significativa en el sector del tratamiento de aguas residuales. Inicialmente, las soluciones de tratamiento eran más simples, basadas en métodos físicos y químicos, con una eficiencia limitada en la remoción de contaminantes. Sin embargo, el avance en investigación y desarrollo ha permitido la adopción de tecnologías más sofisticadas, como los humedales artificiales, procesos de oxidación avanzada, sistemas de filtración y membranas. Estas tecnologías han mejorado la eficiencia de los tratamientos, y su adopción se ha visto acelerada por la creciente preocupación por la sostenibilidad y la recuperación de recursos.

En el contexto del sector público, la gestión del agua y el saneamiento básico han sido temas prioritarios, especialmente en áreas urbanas y periurbanas. Con el pasar del tiempo, las entidades gubernamentales han implementado políticas que impulsan la mejora de la calidad del agua, así como la sostenibilidad ambiental en proyectos de urbanización. La adopción de nuevas tecnologías, como los sistemas de tratamiento biológico avanzado y recuperación de biogás, ha sido respaldada por políticas públicas que fomentan la inversión en infraestructura verde y la eficiencia en el uso de recursos.

Estimación del Segmento o Nicho del Mercado

Los clientes potenciales se analizaron en cuanto a las necesidades, comportamientos y preferencias para desarrollar estrategias por ello los clasificamos en 4 grupos, que son claves ya que por su naturaleza son entidades, proyectos e individuos que requieren de productos y servicios como los que ofrece Hidroeco consultoría.

- **Municipios de Cundinamarca:** Zonas con ubicación en el centro de Colombia.

- **Empresas de saneamiento básico:** Las empresas de saneamiento básico se dedican a proporcionar servicios relacionados con la gestión y tratamiento de aguas residuales, recolección y disposición de residuos sólidos, y mantenimiento de sistemas de drenaje y alcantarillado. Estas empresas son fundamentales para garantizar la salud pública y la protección del medio ambiente al gestionar de manera segura y eficiente los desechos humanos e industriales. Sus actividades incluyen la construcción y operación de plantas de tratamiento de aguas residuales, la recolección y disposición adecuada de residuos sólidos, y la implementación de programas de educación ambiental y saneamiento.
- **Entidades municipales independientes:** Las entidades municipales independientes son organismos autónomos que tienen la responsabilidad de administrar y gestionar los asuntos locales dentro de un área geográfica específica. Estas entidades operan de manera separada y autónoma del gobierno central, aunque aún están sujetas a las leyes y regulaciones nacionales. Tienen autoridad para tomar decisiones sobre temas como planificación urbana, servicios públicos locales, transporte, educación, cultura, y recreación, entre otros, las entidades municipales independientes son gobernadas por un alcalde o un consejo municipal elegido democráticamente por los ciudadanos de la localidad. Su objetivo principal es satisfacer las necesidades y mejorar la calidad de vida de los residentes dentro de su mandato.
- **Proyectos de urbanización sostenible:** Los proyectos de urbanización sostenible son iniciativas de planificación y desarrollo urbano que buscan crear comunidades habitables, saludables y respetuosas con el medio ambiente a largo plazo. Estos

proyectos integran principios de sostenibilidad ambiental, social y económica en todas las etapas de diseño, construcción y gestión de áreas urbanas.

Análisis del Cliente o Consumidor

Esbozo del Perfil del Consumidor

Incluye principalmente a empresas e industrias como las de agroindustria, minería y manufactura, que generan grandes volúmenes de aguas residuales y requieren soluciones sostenibles. También abarca entidades públicas y municipios responsables del saneamiento, así como proyectos de construcción y desarrollos inmobiliarios que buscan integrar sistemas ecológicos. Además, se enfoca en empresas agrícolas y ganaderas que necesitan tratar aguas residuales, y en instituciones educativas o de investigación interesadas en tecnologías innovadoras. Finalmente, incluye a consumidores ambientalmente conscientes que valoran la sostenibilidad y buscan reducir el impacto ambiental en sus operaciones.

Elementos que Influyen en la Compra y Aceptación del Producto o Servicio

1. Requisitos legales y normativas ambientales: El cumplimiento de normativas sobre descarga de aguas residuales es un factor clave que impulsa la adopción de sistemas de tratamiento como los humedales artificiales.
2. Condiciones del sitio: La disponibilidad de terreno con las características topográficas y de suelo adecuadas para construir el humedal es fundamental.
3. Eficiencia en el tratamiento: La capacidad del humedal para remover contaminantes y cumplir con los límites permisibles de calidad del efluente es un criterio determinante.
4. Costos de implementación y operación: El costo de inversión inicial, así como los costos operativos y de mantenimiento influyen en la decisión de compra.

5. Facilidad de operación y mantenimiento: Los humedales artificiales requieren menos mano de obra calificada en comparación con otros sistemas, lo cual es atractivo.
6. Impacto ambiental y visual: El bajo impacto ambiental, la integración paisajística y la mejora de la biodiversidad son aspectos positivos.
7. Vida útil y durabilidad: La larga vida útil de los humedales (15-20 años) y la baja necesidad de reemplazar componentes los hace una opción duradera.
8. Reutilización del efluente tratado: La posibilidad de reutilizar el agua tratada para riego u otros fines es un beneficio adicional.
9. Experiencias previas y referencias: Las buenas experiencias y casos de éxito demostrados en proyectos similares generan confianza en el sistema.
10. Capacitación y asesoría técnica: Contar con servicios de capacitación y asesoría especializada facilita la implementación y operación adecuada.
11. Conciencia y educación ambiental: Un mayor nivel de concienciación sobre la importancia del tratamiento de aguas residuales impulsa su aceptación.

En resumen, factores técnicos, económicos, ambientales, legales y sociales influyen en la decisión final de compra y aceptación de esta tecnología de tratamiento de aguas residuales.

Tendencias del Consumo

1. Creciente demanda por soluciones sostenibles: Existe una tendencia creciente hacia soluciones más ecológicas y de bajo impacto ambiental, impulsada por una mayor conciencia ambiental y regulaciones más estrictas.
2. Impulso a la economía circular: Los sistemas que permiten la reutilización del agua tratada para riego u otros fines están ganando popularidad dentro del enfoque de economía circular.

3. Integración con desarrollos urbanísticos y arquitectura sustentable: Los humedales artificiales se están integrando como componentes en proyectos de viviendas, complejos turísticos y desarrollos urbanos con enfoque ecológico.
4. Aplicaciones en industrias y agricultura: Sectores como la agroindustria, minería y manufactura están adoptando estos sistemas para el tratamiento de sus efluentes y cumplir la normativa.
5. Valoración de beneficios adicionales: Aspectos como la integración paisajística, creación de hábitats para vida silvestre y valor estético se aprecian cada vez más.
6. Búsqueda de sistemas híbridos y combinados: Existen iniciativas para combinar humedales artificiales con otras tecnologías como lagunas, filtros, sistemas aeróbicos, etc.

Análisis de la Competencia

Identificación de los Principales Competidores Actuales o Potenciales

Ilustración 3 Competencia Potencial

COMPETENCIA POTENCIAL			
EMPRESA	EXPERIENCIA	ESPECIALIDADES	SEGMENTO DE MERCADO
	10 AÑOS	Agua Residual Agua potable	Mexico, Colombia, Alemania y España
	25 AÑOS	Unidad de agua potable Agua residual industrial Manejo de lodos	Nivel Nacional
	35 AÑOS	Manejo de aguas residuales Tratamiento de lodos Fabricantes de quipos	Colombia, Ecuador, Perú, Panamá, Honduras, México, Guatemala, Republica Dominicana, El Salvador, Chile, Bolivia, Brasil, Costa Rica, Nicaragua.

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de Productos Sustitutos

Plantas de tratamiento convencionales:

- **Lodos activados:** Un sistema muy utilizado que emplea bacterias aeróbicas para descomponer la materia orgánica en las aguas residuales.
- **Filtros biológicos percoladores:** Utilizan medios filtrantes como piedra o plástico, donde crecen bacterias que descomponen los contaminantes a medida que el agua pasa a través del filtro.
- **Sistemas de tratamiento aeróbico y anaeróbico:** Estos sistemas utilizan diferentes tipos de bacterias para tratar las aguas residuales, dependiendo de la disponibilidad de oxígeno.

Tecnologías avanzadas:

- **Membranas de filtración (MBR):** Utilizan membranas para separar contaminantes del agua, permitiendo un tratamiento muy eficiente en espacios reducidos.
- **Reactores biológicos secuenciales (SBR):** Una variante de los lodos activados que trata el agua en ciclos, proporcionando un alto nivel de control sobre los procesos de tratamiento.
- **Sistemas de desinfección ultravioleta (UV):** Complementan el tratamiento al eliminar bacterias y virus del agua tratada mediante radiación ultravioleta.

Sistemas naturales alternativos:

- **Lechos de infiltración:** Usan el suelo natural para filtrar y descomponer los contaminantes a medida que el agua residual se infiltra en el terreno.

- **Lagunas de estabilización:** Consisten en grandes cuerpos de agua donde la materia orgánica es descompuesta naturalmente por bacterias y microorganismos a lo largo del tiempo.

Análisis de los Precios de Venta de la Competencia

Ilustración 4 Análisis de Precios

PRODUCTO / SERVICIO	DESCRIPCIÓN	VALOR / M3
Humedal artificial		
Consultoría en la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales	Rango de precios ya que puede variar significativamente dependiendo de varios factores, como la escala del proyecto, la complejidad del sistema de tratamiento, la ubicación geográfica, la experiencia y reputación del consultor, entre otros	150.000 - 500.000
Consultoría en la construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales	Rango de precios ya que puede variar significativamente dependiendo de varios factores, como la escala del proyecto, la complejidad del sistema de tratamiento, la ubicación geográfica, la experiencia y reputación del consultor, entre otros	150.000 - 500.000
Planes o manuales para revisión y control de los sistemas de tratamiento de aguas residuales	Los planes o manuales para revisión y control de los sistemas de tratamiento de aguas residuales son documentos detallados que establecen los procedimientos y protocolos necesarios para garantizar el funcionamiento eficiente, seguro y sostenible de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales	150.000 - 800.000
Filtros Verdes	Los filtros verdes, también conocidos como biofiltros o humedales artificiales, son sistemas de tratamiento de aguas residuales que utilizan plantas y microorganismos para limpiar y purificar el agua. Estos sistemas imitan los procesos naturales de filtración y purificación que ocurren en los humedales	\$ 1.750.000
Sistema de Membranas	Membranas Semipermeables para separar partículas, sólidos suspendidos, compuestos orgánicos, microorganismos y otras impurezas del agua. Este proceso se utiliza en diversas etapas del tratamiento de aguas residuales, desde la filtración inicial hasta la purificación más avanzada	\$ 300.000
Monitoreo Ambiental	Este monitoreo se realiza para evaluar y garantizar el cumplimiento de los estándares ambientales, así como para identificar posibles impactos negativos causados por las operaciones del sistema	\$ 700.000
Plantas de tratamiento		
Sistema de tratamiento anaerobico	El sistema de tratamiento de aguas residuales anaeróbico consta de un tanque o reactor donde se lleva a cabo la digestión anaeróbica. En este tanque, los microorganismos conocidos como bacterias anaerobias descomponen los componentes orgánicos de las aguas residuales, produciendo biogás (principalmente metano y dióxido de carbono) y lodos digeridos. Valor por vivienda / 6 habitantes	\$ 2.825.728
Sistema de bombeo	Los sistemas de bombeo desempeñan un papel crucial en el tratamiento de aguas residuales al facilitar el movimiento del agua y los desechos a través de las diferentes etapas del proceso. Estos sistemas se utilizan para transferir aguas residuales desde las redes de alcantarillado hasta las plantas de tratamiento, entre las diversas unidades dentro de la planta de tratamiento y también para recircular el agua tratada o los lodos resultantes del proceso (valor por vivienda / 6 habitantes)	\$ 130.000

Fuente: Elaboración Propia

Estudio de la Imagen de la Competencia ante los Clientes

En el análisis de la imagen de la competencia ante los clientes dentro del sector de tratamiento de aguas residuales se considera las fortalezas, percepciones y posicionamiento de empresas clave en el mercado como Hidroeco Consultoría, Génesis Agua Salud Vida, ACSI Ambiente y Soluciones Integrales, y Synertech Water Technologies. Buscando evaluar cómo estas empresas son percibidas en relación con su propuesta de valor, su enfoque tecnológico y su capacidad para abordar las necesidades del mercado, especialmente en Cundinamarca (sabana centro y occidente), donde la demanda de soluciones de tratamiento de aguas está en aumento debido a proyectos de saneamiento básico y urbanización sostenible.

GÉNESIS Agua Salud Vida

Perfil de la Empresa: Génesis Agua Salud Vida se enfoca en soluciones naturales y sostenibles para el tratamiento de aguas, especialmente a través de tecnologías como los humedales artificiales y lagunas de estabilización.

Segmento de Mercado Objetivo:

La empresa se orienta a proyectos de urbanización sostenible y soluciones ecológicas en áreas rurales o semiurbanas que priorizan la sostenibilidad sobre la rapidez o el costo.

Imagen ante los Clientes:

Posicionamiento ecológico: Similar a Hidroeco, Génesis es vista como una empresa ecológica, lo que la hace atractiva para clientes comprometidos con la sostenibilidad. Sin embargo, su enfoque en soluciones de tratamiento natural puede ser visto como menos adecuado para proyectos de mayor escala o donde se requieran resultados rápidos y eficientes.

Sostenibilidad frente a eficiencia: Si bien las soluciones naturales tienen la ventaja de ser más accesibles y respetuosas con el medio ambiente, pueden percibirse como menos eficientes y más lentas en comparación con las tecnologías avanzadas, lo que puede reducir su atractivo en mercados urbanos más exigentes.

ACSI Ambiente y Soluciones Integrales

Perfil de la Empresa: ACSI se especializa en soluciones avanzadas para el tratamiento de aguas, utilizando tecnologías como membranas de filtración (MBR), reactores biológicos secuenciales (SBR) y sistemas de desinfección UV.

Segmento de Mercado Objetivo:

Su mercado objetivo está en sectores como la industria, entidades municipales y grandes proyectos de saneamiento urbano, donde se busca alta eficiencia y rendimiento rápido en el tratamiento de aguas residuales.

Imagen ante los Clientes:

Posicionamiento tecnológico avanzado: ACSI se posiciona como un líder en innovación tecnológica en el tratamiento de aguas residuales. Sus soluciones avanzadas, como MBR y UV, son vistas como altamente eficientes y modernas, lo que la hace muy atractiva para clientes que requieren resultados rápidos y alta calidad de tratamiento.

Alta capacidad de adaptación: Esta empresa es ideal para proyectos con grandes volúmenes de aguas residuales y espacios reducidos, lo que la convierte en una opción preferida por clientes industriales y municipales con requerimientos complejos.

Synertech Water Technologies

Perfil de la Empresa: Synertech se enfoca en tecnologías avanzadas de membranas de filtración, reactores biológicos secuenciales (SBR) y desinfección UV, similares a las de ACSI, con un fuerte enfoque en la eficiencia energética y el rendimiento a gran escala.

Segmento de Mercado Objetivo:

Synertech se dirige principalmente a grandes empresas industriales y entidades municipales, en particular en áreas urbanas con alta demanda de tratamiento de aguas y donde la eficiencia y la adaptabilidad son esenciales.

Imagen ante los Clientes:

Posicionamiento de alta eficiencia: Synertech se destaca por ofrecer tecnologías de vanguardia que proporcionan un alto rendimiento y baja huella energética, lo que la hace muy atractiva para clientes que buscan soluciones compactas y eficaces en el tratamiento de aguas.

Alta especialización: Se percibe como una opción preferida para proyectos de gran escala o con demandas técnicas muy específicas.

Análisis Comparativo: Hidroeco Consultoría vs. Competencia

Enfoque en Sostenibilidad:

Hidroeco Consultoría y Génesis Agua Salud Vida se posicionan como opciones sostenibles y ecológicas, destacándose por el uso de tecnologías naturales. Sin embargo, Hidroeco también ofrece un enfoque innovador con humedales artificiales, lo que le da una ventaja al ser más moderna y técnica en su enfoque ecológico.

Por otro lado, ACSI y Synertech tienen un enfoque más tecnológico e industrial, lo que las hace atractivas en sectores con mayores demandas de eficiencia y rapidez.

Eficiencia y Resultados Rápidos:

Empresas como ACSI y Synertech ofrecen soluciones altamente eficientes con un enfoque en rendimiento rápido, lo que las hace preferidas en sectores industriales y municipales con alta demanda de tratamiento de aguas.

Hidroeco se percibe como una opción más ecológica.

Posicionamiento de Costos:

Hidroeco puede ser percibida como una opción más económica en términos de costos operativos a largo plazo debido a la naturaleza sostenible de sus soluciones, lo que es atractivo para proyectos de urbanización sostenible y proyectos públicos con presupuestos ajustados.

ACSI y Synertech, aunque más costosas, justifican sus precios con la alta eficiencia y tecnología avanzada.

Plan de Marketing

Estrategia de Producto o Servicio

Concepto de la marca:

La marca **HidroEco** combina la idea de "hidro" (agua) con "eco" (ecológico), subrayando la especialización en soluciones sostenibles para la gestión y tratamiento del agua. El eslogan, "El agua es el oro de mañana", refuerza el valor vital del recurso hídrico y el papel clave de la empresa en su preservación y recuperación para futuras generaciones.

Identidad cromática

-Azul claro: Este tono suave y claro utilizado como color de fondo del logo. El azul claro transmite una sensación de calma, pureza y frescura.

-Tonalidades de azul más oscuro: Estos tonos de azul más oscuros utilizados para la gota en el logo. Al tener diferentes tonalidades de azul en la gota, se puede crear profundidad y

destacar la forma de la misma.

Al utilizar un fondo azul claro y una gota con tonalidades más oscuras de azul, se logra un contraste visual que hace que la gota resalte en el diseño, transmite la idea de claridad y pureza del agua.

Presentación, Dimensión, Modulación, Empaque y Embalaje

Al tratarse de un servicio, no habrá empaque o embalaje físico; sin embargo, la presentación se realizará a través de un catálogo o brochure físico y digital, en el cual se detallarán el servicio, su funcionamiento y toda la información relevante. En el caso de ofrecer productos asociados, el empaque reflejará el enfoque ecológico de la empresa, utilizando materiales reciclables o biodegradables que refuercen su compromiso con la sostenibilidad y el respeto al medio ambiente. Esto permitirá mantener una coherencia entre los valores de la empresa y la experiencia del cliente.

Garantía y Servicio de Postventa

Como empresa especializada en consultoría para el tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales, nuestra garantía se centra en asegurar la máxima satisfacción del cliente y respaldar la calidad de nuestros servicios. Nos comprometemos a alcanzar estándares de rendimiento excepcionales en la implementación de los humedales artificiales, garantizando la calidad del agua tratada. Además, ofrecemos garantías sobre la durabilidad y eficacia de los materiales utilizados en la construcción de los humedales, respaldadas por servicios de mantenimiento y soporte técnico continuo. Nuestro objetivo es proporcionar a nuestros clientes la tranquilidad de saber que están invirtiendo en una solución confiable y efectiva para el tratamiento de aguas residuales.

Mecanismos de Atención a Clientes

Los mecanismos de atención al cliente incluirían atención personalizada a través de asesores comerciales y técnicos, una plataforma en línea con chat y FAQ, y una línea telefónica 24/7 para consultas y emergencias. También se ofrecerían visitas técnicas y consultoría, programas de mantenimiento preventivo, y monitoreo remoto para garantizar el óptimo funcionamiento de los sistemas. Además, se brindarían capacitaciones para los clientes, un portal de seguimiento de proyectos, y un robusto servicio de atención postventa para asegurar la satisfacción y el soporte continuo

Estrategia de Precio

Definición y Lista de Precios de Venta del Producto

El análisis de estrategias de precio y forma de pago es fundamental para el éxito comercial. Implica evaluar diversos factores, como los costos de producción, la percepción de valor del cliente, la estrategia competitiva y los objetivos financieros de la empresa. Además, es crucial considerar las preferencias de pago del cliente y adaptar las opciones de pago, como efectivo, tarjeta de crédito o financiamiento, para maximizar la accesibilidad y la satisfacción del cliente. La fijación de precios puede basarse en diferentes enfoques, como el precio basado en costos, la fijación de precios basada en el valor percibido o la fijación de precios competitiva. La estrategia de precios y forma de pago seleccionada debe alinearse con la propuesta de valor del producto o servicio y con los objetivos estratégicos de la empresa para garantizar la rentabilidad y la competitividad a largo plazo. Para la empresa Hidro eco Consultoría es importante tener en cuenta aspectos como: -Costos de Implementación: Evaluar los costos involucrados en la implementación de los sistemas de tratamiento, incluyendo materiales, mano de obra, permisos y otros gastos asociados. -Valor Percibido por el Cliente: Determinar el valor percibido por los

clientes al utilizar los sistemas de tratamiento con humedales artificiales u otras alternativas usadas actualmente, considerando los beneficios ambientales, la eficacia del tratamiento y el cumplimiento normativo. -Competencia: Analizar los precios que cobran otras empresas en el mercado por servicios similares y cómo se posiciona la empresa en relación con ellos en términos de calidad y valor agregado. -Estrategia de Precios: Seleccionar una estrategia de precios que refleje el valor del servicio ofrecido, ya sea basada en costos, en valor percibido o en la competencia directa. -Flexibilidad en las Formas de Pago: Ofrecer diversas opciones de pago que se adapten a las necesidades financieras de los clientes, como pagos únicos, financiamiento a largo plazo o pagos por etapas del proyecto. -Incentivos y Descuentos: Considerar la posibilidad de ofrecer descuentos por volumen de trabajo, referencias de clientes o promociones temporales para incentivar la contratación de los servicios. -Negociación Personalizada: Estar abierto a negociaciones personalizadas con clientes potenciales para adaptar los precios y condiciones de pago según las circunstancias específicas de cada proyecto. -Transparencia y Claridad: Garantizar que los precios y las condiciones de pago sean transparentes y claros para los clientes, evitando condiciones que puedan afectar la relación comercial

Impuesto de Ventas y Descuentos

1. Impuesto sobre las Ventas (IVA)

El Impuesto al Valor Agregado (IVA) es uno de los primeros impuestos a manejar en costos básicos.

En el caso de proyectos pequeños y medianos se tendría en cuenta para la actualidad una tasa del IVA estándar del 19%.

Este impuesto se aplica a la compra de materiales, insumos y servicios necesarios para el proyecto, como la adquisición de plantas, equipos, materiales de construcción, consultoría.

Teniendo en cuenta las exenciones o beneficios de IVA en proyectos de infraestructura pública o ambiental: Dependiendo de la naturaleza del proyecto Beneficios tributarios o exenciones de IVA.

En el caso de proyectos de gran escala o de infraestructura pública (si es un proyecto financiado por el Estado o con algún tipo de inversión externa) están sujetos a una serie de beneficios tributarios adicionales, incluida la exención de IVA para ciertos bienes de capital, siempre que se demuestre que el proyecto tiene un impacto positivo en el medio ambiente y en el tratamiento de recursos hídricos lo cual si corresponde en el caso manejado.

2. Impuesto de Renta

El batallón estaría sujeto a las normativas fiscales que rigen a las entidades públicas, las cuales generalmente gozan de exenciones tributarias, como la exoneración del impuesto de renta sobre las ganancias generadas por actividades de interés público. Además, como el proyecto contribuye al tratamiento de aguas residuales y la protección del medio ambiente, podría beneficiarse de incentivos adicionales establecidos en la legislación colombiana, como deducciones por inversiones en infraestructura ecológica o la posibilidad de acceder a incentivos fiscales en proyectos que favorezcan la sostenibilidad. Sin embargo, los costos asociados al diseño, construcción y operación del humedal artificial, como los de infraestructura, materiales y personal, podrían ser tratados como gastos operativos y estar exentos de tributación, dado su vínculo con el sector público y el interés general del proyecto.

3. Impuestos municipales

Impuesto de Industria y Comercio (ICA):

Si el proyecto de humedal artificial que se está llevando a cabo se realiza dentro de un batallón de la Marina y no tiene fines comerciales o no genera ingresos, podría estar exento del ICA, ya que este impuesto generalmente se aplica a actividades con fines de lucro. Sin embargo, si el proyecto genera ingresos por la prestación de servicios o la venta de bienes, tendría que pagar el ICA, dependiendo de la actividad específica. Como el batallón de la Marina es una entidad pública, también podría beneficiarse de exenciones fiscales adicionales, especialmente si el proyecto tiene un componente ambiental o de interés público.

Condiciones de Pago y Condiciones de Crédito

El análisis de estrategias de precio y forma de pago es fundamental para el éxito comercial. Implica evaluar diversos factores, como los costos de producción, la percepción de valor del cliente, la estrategia competitiva y los objetivos financieros de la empresa. Además, es crucial considerar las preferencias de pago del cliente y adaptar las opciones de pago, como efectivo, tarjeta de crédito o financiamiento, para maximizar la accesibilidad y la satisfacción del cliente. La fijación de precios puede basarse en diferentes enfoques, como el precio basado en costos, la fijación de precios basada en el valor percibido o la fijación de precios competitiva. La estrategia de precios y forma de pago seleccionada debe alinearse con la propuesta de valor del producto o servicio y con los objetivos estratégicos de la empresa para garantizar la rentabilidad y la competitividad al plazo. Para la empresa Hidro eco Consultoría es importante tener en cuenta aspectos como: -Costos de Implementación: Evaluar los costos involucrados en la implementación de los sistemas de tratamiento, incluyendo materiales, mano de obra, permisos y otros gastos asociados. -Valor Percibido por el Cliente: Determinar el valor percibido por los clientes al utilizar los sistemas de tratamiento con humedales artificiales u otras alternativas

usadas actualmente, considerando los beneficios ambientales, la eficacia del tratamiento y el cumplimiento normativo. -Competencia: Analizar los precios que cobran otras empresas en el mercado por servicios similares y cómo se posiciona la empresa en relación con ellos en términos de calidad y valor agregado. -Estrategia de Precios: Seleccionar una estrategia de precios que refleje el valor del servicio ofrecido, ya sea basada en costos, en valor percibido o en la competencia directa. -Flexibilidad en las Formas de Pago: Ofrecer diversas opciones de pago que se adapten a las necesidades financieras de los clientes, como pagos únicos, financiamiento a largo plazo o pagos por etapas del proyecto. -Incentivos y Descuentos: Considerar la posibilidad de ofrecer descuentos por volumen de trabajo, referencias de clientes o promociones temporales para incentivar la contratación de los servicios. -Negociación Personalizada: Estar abierto a negociaciones personalizadas con clientes potenciales para adaptar los precios y condiciones de pago según las circunstancias específicas de cada proyecto. -Transparencia y Claridad: Garantizar que los precios y las condiciones de pago sean transparentes y claros para los clientes, evitando condiciones que puedan afectar la relación comercial.

Seguros Necesarios, Impuesto de Ventas

Seguros necesarios

1. Seguro de responsabilidad civil: Cubre daños a terceros causados por la operación del humedal artificial, como derrames, fugas o contaminación accidental.
2. Seguro de construcción: Durante la fase de construcción e instalación del humedal, este seguro cubre daños a la propiedad, equipos y lesiones al personal.
3. Seguro de transporte: Si se requiere transportar materiales, equipos o componentes del humedal, este seguro cubre posibles daños durante el traslado.

4. Seguro de accidentes personales: Para proteger al personal que opera y realiza mantenimiento del humedal artificial.
5. Seguro de responsabilidad ambiental: Cubre los costos de limpieza y remediación en caso de un incidente que cause daños ambientales

Impuestos de ventas

1. Impuesto al Valor Agregado (IVA): En Colombia, la venta e instalación de humedales artificiales para tratamiento de aguas residuales está gravada con el IVA del 19%.
2. Impuesto de Industria y Comercio (ICA): Este impuesto municipal varía según la jurisdicción, pero generalmente se aplica sobre los ingresos por servicios de construcción e instalación de sistemas de tratamiento de aguas.
3. Tasas ambientales: Algunas autoridades ambientales cobran tasas por concepto de vertimientos, permisos de ocupación de cauces, entre otros, que podrían aplicar según el proyecto.

Adicionalmente, es importante considerar otros costos asociados como estudios de impacto ambiental, permisos y licencias de construcción y operación, según lo requieran las normas y regulaciones vigentes en cada localidad o proyecto específico.

Costos de Transporte

Los costos de transporte varían dependiendo de varios factores, como la distancia desde el lugar de adquisición de los materiales, el tipo de materiales que se necesiten, la frecuencia de los traslados y las condiciones del terreno.

Transporte de Materiales de Construcción

El proyecto de un humedal artificial requiere materiales como geotextiles, arena, grava, piedra triturada, plantas para la vegetación, y otros materiales relacionados con la infraestructura del

humedal como hemos mencionado antes. Los costos de transporte de estos materiales se calcularán en función de:

- Distancia entre el punto de compra y el Batallón de la Marina en Guaymaral.
- Tipo de vehículo necesario (camión, volqueta, etc.) según el volumen y peso de los materiales.
- Frecuencia de transporte, especialmente si se necesitan entregas continuas durante la construcción.

Transporte de Equipos Especializados

Si el proyecto requiere equipos especializados para la construcción o el mantenimiento del humedal (como maquinaria para excavar, nivelar, o instalar sistemas de drenaje), se deben considerar los costos de transporte de estos equipos.

- Transporte de maquinaria pesada: Si es necesario transportar excavadoras, retroexcavadoras, camiones de carga o grúas hacia el Batallón de la Marina, los costos dependerán de la distancia y la dimensión del equipo.
- Alquiler de camiones o vehículos de carga: Para equipos que no se posean dentro del batallón, se deberá contratar el alquiler de camiones o transporte especializado, lo cual puede incluir costos adicionales por el tipo de equipo y tiempo de alquiler.

Transporte de Plantas y Material Vegetal

Como el humedal artificial se basa en la vegetación para filtrar y tratar las aguas residuales, necesitarás plantas acuáticas o vegetación adecuada para el tratamiento de aguas. El transporte de estas plantas debe tener en cuenta:

- Distancia desde los viveros o productores hasta el Batallón.

Condiciones de transporte para mantener las plantas vivas y saludables, ya que algunas especies pueden requerir cuidados especiales durante el transporte (por ejemplo, plantas flotantes, juncos o cañas).

El tipo de envase o contenedor utilizado para el transporte de las plantas también puede influir en el costo.

Costos de Transporte de Residuos

Durante la operación del humedal, podrían surgir costos de transporte relacionados con la remoción de lodos o desechos orgánicos que se acumulan en el proceso de tratamiento de aguas residuales. Esto incluiría:

-Transporte de lodos: Los lodos generados por el proceso de tratamiento deben ser transportados a sitios adecuados para su disposición final, lo cual puede involucrar camiones especiales de transporte de residuos.

-Frecuencia de estos traslados, ya que, dependiendo del tamaño del humedal, los lodos pueden necesitar ser removidos regularmente.

Costo de Transporte de Personal Técnico

Si el proyecto requiere la movilización de personal técnico especializado para la instalación y operación del humedal, también habrá costos de transporte asociados. Estos podrían incluir:

-Desplazamientos regulares del personal hacia el Batallón.

-Factores a Considerar para Estimar los Costos de Transporte:

Distancia: Desde los puntos de origen de los materiales y equipos hasta el Batallón de la Marina en Guaymaral.

-Tipo y cantidad de materiales que se deben transportar.

-Tamaño de los camiones o vehículos necesarios.

-Frecuencia de los viajes (si es necesario transportar materiales en varias fases del proyecto).

Estrategias de Promoción y Comunicación

Tácticas de Mercadeo

Desarrollo de una página web atractiva y optimizada, creación de perfiles y presencia activa en redes sociales, participación en ferias, exposiciones y conferencias especializadas en el sector, desarrollo de material promocional impreso y digital de alta calidad, establecimiento de alianzas estratégicas con empresas de ingeniería, construcción, consultoría ambiental y organizaciones gubernamentales relacionadas con el manejo de aguas residuales, implementación de un programa de marketing y desarrollo de incentivos y programas de fidelización para clientes existentes

Costos de Publicidad

El presupuesto de comunicación es una parte importante de la planificación estratégica de la empresa Hidro eco Consultoría teniendo en cuenta los recursos financieros para llevar a cabo las actividades de comunicación necesarias para alcanzar los objetivos establecidos. En este punto tuvimos estos aspectos en cuenta: -Establecer Objetivos de Comunicación: Antes de asignar fondos, es importante definir claramente los objetivos de comunicación que se desean alcanzar. Estos pueden incluir aumentar la conciencia de la marca, promover un nuevo producto o servicio, mejorar la reputación de la empresa, entre otros. -Identificar Audiencias y Canales de Comunicación: Determinar las audiencias clave a las que se dirigirá la comunicación y los canales a través de los cuales se llevarán a cabo las actividades de comunicación. Esto puede incluir publicidad, relaciones públicas, marketing digital, eventos, entre otros. -Evaluar Costos

de Medios y Herramientas: Investigar y evaluar los costos asociados con los diferentes medios y herramientas de comunicación. Esto puede incluir el costo de la publicidad en diferentes plataformas, el costo de producción de materiales de marketing, honorarios de agencias de relaciones públicas, entre otros. -Establecer Prioridades y Asignar Recursos: Una vez que se hayan identificado los objetivos, audiencias y canales de comunicación, se deben establecer prioridades y asignar recursos financieros en consecuencia. Esto puede implicar asignar más fondos a actividades que sean más efectivas para alcanzar los objetivos prioritarios. -Considerar Factores Externos: Tener en cuenta factores externos que puedan afectar el presupuesto de comunicación, como la competencia en el mercado, los cambios en las tendencias del consumidor, los eventos externos y las condiciones económicas.

Ilustración 5 Presupuesto de Comunicación

PRESUPUESTO DE COMUNICACIÓN	
Descripción	Valor
Diseño Web Corporativo	1.000.000 - 1.200.000
Diseño de Tiendas Online	1.300.000 - 1.900.000
Desarrollo de Portales Web	3.000.000 - 5.000.000
Diseño Web Económicos	350.000 - 700.000
Paquetes de Marketing Digital	150.000 - 800.000
Paquetes de SEO	200.000 - 700.000
Social Media planes mensuales	200.000 - 450.000
Hosting	60.000 - 2.900.000
Sistema para ecommerce	3.000.000 - 6.000.000
Sistema de Solicitud de Reseñas Online	100.000 - 315.000
Encuestas Online	55.000 - 720.000
Chatbot	24.000 - 170.000
Email Marketing	105.000 - 4.000.000
CRM	50.000 - 230.000

Fuente: Elaboración Propia

Fuerza de Ventas

En este caso, se planea involucrar una fuerza de ventas en el proyecto, el objetivo principal sería promover y comercializar productos o servicios derivados del humedal artificial, así como

captar posibles inversionistas, patrocinadores o alianzas para el proyecto, especialmente si se trata de una iniciativa privada o pública-privada.

-Servicios de consultoría ambiental relacionados con el tratamiento de aguas residuales o la creación de humedales artificiales.

-Certificados de compensación de carbono si el proyecto contribuye a la reducción de emisiones de CO₂.

-Tecnología o equipos asociados con el tratamiento de aguas residuales o la creación de humedales artificiales.

-Proyectos educativos y de sensibilización ambiental en los cuales se ofrezcan talleres, cursos o seminarios para empresas, instituciones educativas o el público en general.

Algunas estrategias clave que podrían formar parte del plan de marketing son:

-Venta consultiva: Enfocada en la solución de problemas ambientales específicos de los clientes, como la gestión de aguas residuales o la creación de humedales artificiales. Los vendedores o consultores deben entender las necesidades ambientales de los clientes y ofrecer soluciones personalizadas basadas en el proyecto.

-Alianzas estratégicas: Formar alianzas con organizaciones gubernamentales, empresas privadas o ONGs que puedan beneficiarse del proyecto o colaborar en la implementación de soluciones basadas en humedales artificiales. Estas alianzas pueden abrir la puerta a nuevas fuentes de financiación o incluso patrocinio.

-Marketing de contenidos y educación: Desarrollar material educativo (seminarios web, cursos, informes técnicos, etc.) para capacitar a los interesados en la tecnología del tratamiento de aguas

residuales a través de humedales artificiales. Esto puede generar credibilidad y posicionar al proyecto como líder en el campo.

-Certificados y reconocimiento ambiental: Si el proyecto tiene un impacto positivo medible en la reducción de carbono o en la mejora de la calidad del agua, la fuerza de ventas podría estar involucrada en la comercialización de certificados de compensación de carbono o en la obtención de reconocimientos ambientales que puedan ser vendidos a otras empresas o entidades.

También tenemos en cuenta la capacitación de la fuerza de ventas, considerando

-El proyecto y su impacto ambiental: Deben comprender cómo el humedal artificial contribuye al tratamiento de aguas residuales y a la mejora de la calidad ambiental.

-Beneficios económicos y ambientales: Ser capaces de comunicar claramente los beneficios tanto económicos como ambientales que el proyecto puede ofrecer a los diferentes segmentos de mercado.

-Habilidades de venta consultiva: Habilidad para realizar diagnósticos y ofrecer soluciones personalizadas a las necesidades de los clientes.

Estrategia de Distribución

Capacidad de Cobertura o de Atención

Una buena cobertura y atención al cliente se logran con un equipo multidisciplinario, experiencia y especialización del personal, acceso a laboratorios y equipos para análisis de aguas, capital disponible para inversión en proyectos, acceso a financiamiento externo, capacidad para adquirir materiales, equipos y contratar mano de obra, oficinas, instalaciones y espacios de trabajo adecuados, convenios con empresas de construcción, proveedores y

subcontratistas, habilidades en planificación, coordinación y seguimiento de proyectos, disposición para atender proyectos en diferentes regiones y flexibilidad para desplazar equipos de trabajo a distintas ubicaciones.

Alternativas de Penetración en el Mercado, Canales de Distribución

Asociaciones con empresas, mercadeo directo a industrias y sectores específicos, alianzas con promotores inmobiliarios y urbanizadores, participación en eventos y ferias especializadas, desarrollo de proyectos piloto y demostraciones, sitio web y marketing digital.

Plan de Compras

Identificación de Proveedores

Materiales granulados:

- Arenas y gravas de construcción: Canteras y proveedores de materiales de construcción como Argos, Cemex, Holcim, entre otros.
- Grava y piedra de río: Proveedores locales de materiales de arrastre.
- Geomembranas y geosintéticos:
- Pavco Wavin: Fabricante de tuberías y soluciones en geosintéticos

Tuberías y accesorios de PVC

- Tuboplex
- Obra ductos
- Pavco

Plantas acuáticas y sustratos:

- Viveros especializados en plantas acuáticas y ornamentales.
- Proveedores de sustratos y abonos orgánicos para humedales

Equipos y accesorios

- Bombas y equipos de impulsión: Proveedores como Barnes, Grundfos
- Accesorios y válvulas: Ferrindustrial

Servicios de construcción e ingeniería:

- Empresas de construcción e ingeniería civil con experiencia en obras hidráulicas y ambientales: Hydroconsulta, Protenus SAS
- Proveedores de servicios de topografía, estudios de suelos y asesoría técnica: Topocad, arquingenio

Planeación de Compras

Identificación de necesidades de materiales e insumos

Lo primero es definir con claridad qué materiales e insumos se van a necesitar en cada fase del proyecto. Dado que estamos hablando de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales.

Materiales para la construcción:

Geotextiles: Para la impermeabilización y contención de los sedimentos dentro del humedal.

Arena y grava: Materiales para la filtración de las aguas y la construcción de las capas del humedal.

Piedra triturada: Para crear una estructura de drenaje adecuada.

Sustratos vegetales: Especies de plantas acuáticas y vegetación específica que contribuirán al proceso de filtración natural.

Sistemas de drenaje: Tuberías y materiales para los sistemas de entrada y salida del agua.

Materiales de construcción: Como concreto, hierro, o acero para posibles estructuras auxiliares (barreras, canales, etc.).

Equipos y maquinaria:

Excavadoras o retroexcavadoras: Para mover tierra y crear los lechos del humedal.

Bombas de agua: Para el manejo del flujo de agua y drenaje del humedal.

Vehículos de transporte: Para el traslado de materiales al batallón de la Marina.

Insumos para la operación y mantenimiento:

Productos químicos: En caso de que se necesiten para el tratamiento de aguas o para controlar el crecimiento de ciertas especies invasoras.

Herramientas y equipos de mantenimiento: Como mangueras, bombas adicionales, sistemas de monitoreo de calidad de agua.

Establecimiento del cronograma de compras

El siguiente paso es definir el cronograma de compras, es decir, cuándo se van a adquirir y entregar cada uno de los materiales e insumos. Esto dependerá de las fases del proyecto. Para un proyecto de humedal artificial.

Fase 1: Diseño e ingeniería

Realización de estudios previos y diseño detallado del humedal.

Compra de materiales de diseño como planos, software de modelado, herramientas especializadas para los estudios de impacto ambiental, entre otros.

Fase 2: Construcción del humedal

Compra de materiales de construcción: Arena, grava, geotextiles, sistemas de drenaje, etc.

Compra de maquinaria: Excavadoras, bombas de agua, vehículos de transporte.

Fase 3: Instalación de la vegetación

Compra de plantas acuáticas y especies vegetales específicas para la filtración de aguas.

Fase 4: Operación y mantenimiento

Compra de insumos operativos: Herramientas de mantenimiento, productos químicos (si son necesarios), repuestos para equipos.

Es importante que se tenga en cuenta un margen de tiempo para posibles imprevistos, como retrasos en la entrega de materiales o problemas con proveedores.

Selección de proveedores

La selección de proveedores es un paso crucial en la planeación de compras. Es necesario buscar proveedores que ofrezcan materiales y servicios de alta calidad a un precio competitivo.

-Fiabilidad y tiempos de entrega: Es crucial que los proveedores puedan cumplir con los plazos establecidos para evitar retrasos en la ejecución del proyecto.

-Experiencia: Seleccionar proveedores con experiencia en proyectos similares y que tengan buenas referencias.

-Costo total: Considerar no solo el precio unitario de los materiales, sino también el costo total de transporte, seguros, impuestos y otros gastos asociados.

-Certificaciones y sostenibilidad: Es preferible trabajar con proveedores que ofrezcan materiales sostenibles o que tengan certificaciones ambientales, especialmente si el proyecto tiene un enfoque ecológico.

4. Control de inventario

A lo largo de la ejecución del proyecto, es fundamental llevar un control adecuado del inventario para evitar escasez de materiales o compras innecesarias. Para ello, se pueden utilizar herramientas como software de gestión de inventarios o hojas de cálculo.

El control de inventario incluye:

-Registro de compras: Mantener un registro detallado de todas las compras realizadas, con información sobre cantidades, costos, fechas de entrega y proveedores.

-Monitoreo de consumos: Llevar un seguimiento de cuántos materiales se han utilizado en cada fase del proyecto y cuántos quedan disponibles.

-Reabastecimiento oportuno: Programar las compras con antelación para garantizar que los materiales estén disponibles justo cuando se necesiten.

5. Presupuesto de compras

El presupuesto debe incluir una estimación de los costos de materiales y suministros, así como los costos adicionales asociados al transporte y a la contratación de proveedores. El presupuesto debe ser realista, teniendo en cuenta los costos de cada categoría de material y la cantidad necesaria para cada fase del proyecto. También es recomendable asignar un porcentaje adicional para imprevistos.

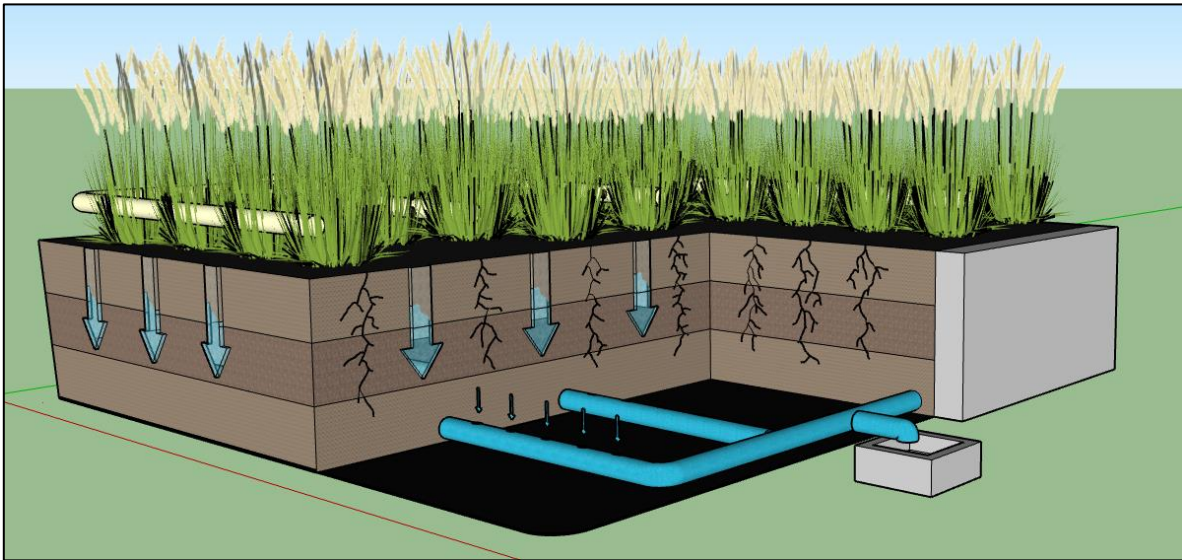
6. Evaluación y ajustes

Durante el transcurso del proyecto, es importante realizar evaluaciones periódicas sobre el proceso de compras. Si se detectan problemas como retrasos en las entregas, aumento de costos o dificultades con los proveedores, se deben realizar ajustes en la planeación para evitar que estos problemas afecten el avance del proyecto. También es fundamental mantener una comunicación constante con los encargados de la construcción y operación para asegurarse de que los materiales lleguen en las cantidades y tiempos necesarios.

Identificación del Producto o Servicio

Presentación

Ilustración 6 Representación Gráfica



Fuente: Laura Daniela Vela

Ilustración 7 Representación Gráfica

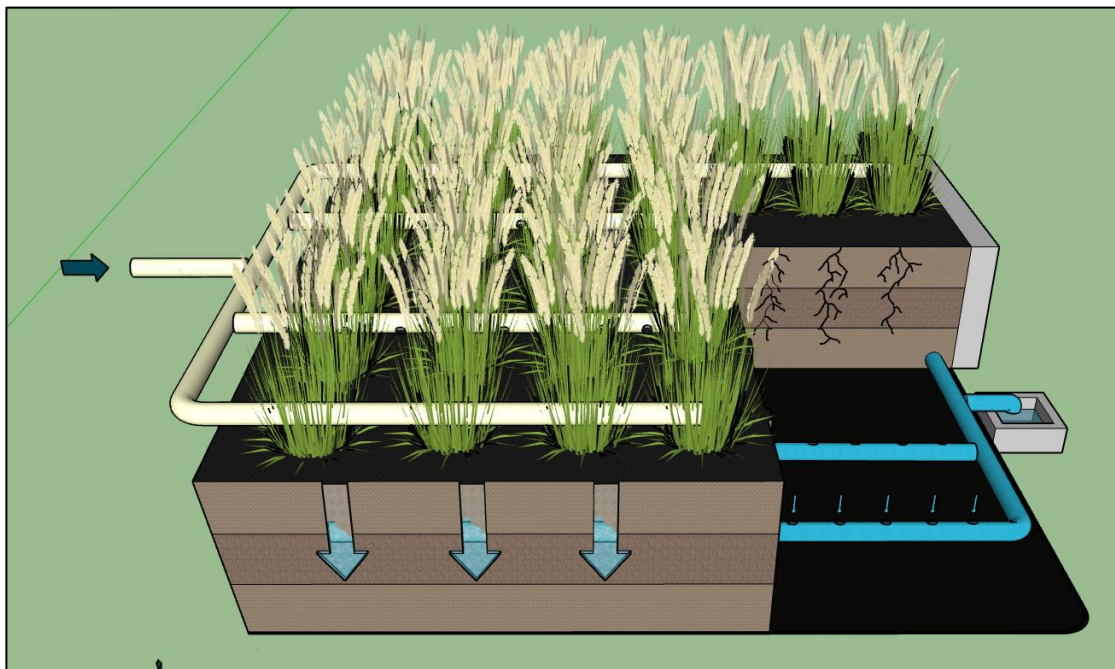
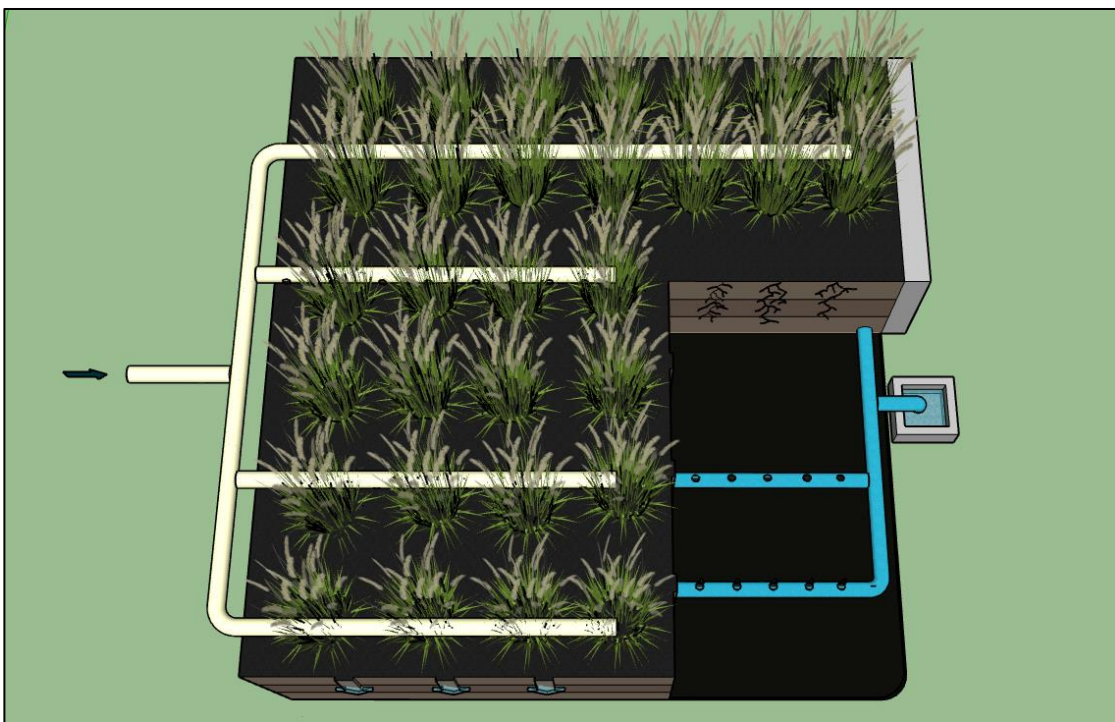


Ilustración 8 Representación Gráfica



Fuente: Laura Daniela Vela

Ficha Técnica

Ilustración 9 Ficha Técnica

Tipo de Humedal	Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Vertical		Diseño
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> Alta reducción de DBO, sólidos suspendidos y patógenos Capacidad de nitrificación debido a la transferencia de oxígeno adecuado No tiene los problemas de mosquitos que existen en el humedal artificial de flujo superficial Menos obstrucciones que el humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial Requiere menos espacio que el humedal artificial de flujo superficial libre Bajos costos de operación 	<p>Dimensiones: 90 m de largo, 1.40 m de ancho, 1.10 m de profundidad</p> <p>Inclinación: 1%</p> <p>Volumen Total: 138.6 m³</p> <p>Capacidad de Tratamiento: 446 m³/mes (14.87 m³/día)</p> <p>Población: 35 personas permanentes y 70 personas rotativas al año</p> <p>Sustrato: Grava - Arena</p> <p>Lecho impermeabilizado: Geomembrana - Plástico de alta densidad</p> <p>Plantas: Typha latifolia, Juncus effusus y Phragmites australis</p>	
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> Requiere un mantenimiento más frecuente que un humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial Periodo inicial largo antes de trabajar a capacidad plena Limitación para ciertos contaminantes 		
Procesos Principales	Eliminación de materia orgánica, Retención de sólidos suspendidos, nitrógeno, fósforo, patógenos y metales pesados.		

Fuente: Elaboración Propia

Tipo de humedal

Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Vertical

Ventajas

Incluyen una alta eficiencia en la reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos y patógenos, gracias a su diseño que permite una transferencia de oxígeno adecuada, lo que también facilita la nitrificación. Además, no presentan los problemas de proliferación de mosquitos que son comunes en los humedales de flujo superficial y tienen un menor riesgo de obstrucciones en comparación con los de flujo subsuperficial horizontal. Otra ventaja destacada es que requieren menos espacio que los sistemas de flujo superficial libre y, al mismo tiempo, ofrecen bajos costos de operación, haciéndolos una opción práctica y rentable para el tratamiento de aguas residuales.

(Tilley, 2018)

Desventajas

Incluyen la necesidad de experiencia especializada para su diseño y construcción, especialmente en el sistema de dosificación, así como un mantenimiento más frecuente en comparación con los humedales de flujo subsuperficial horizontal. Además, pueden requerir una fuente constante de energía eléctrica para operar correctamente, lo que incrementa su complejidad. Otro aspecto para considerar es el largo periodo inicial necesario antes de alcanzar su capacidad plena, lo que puede retrasar su rendimiento óptimo. Por último, no siempre es fácil encontrar repuestos y materiales localmente, lo que puede aumentar los costos y tiempos de implementación. (Tilley, 2018)

Diseño

El diseño de la superficie de un humedal artificial debe tener en cuenta varios factores importantes, como el objetivo del tratamiento, la calidad y cantidad del afluente, y el número de rutas de flujo en paralelo. La efectividad en la eliminación de contaminantes está relacionada con el área superficial, mientras que el área transversal determina el caudal máximo que puede manejarse. Por lo general, **se requiere entre 1 a 3 m² por persona para un tratamiento eficaz**. El lecho del humedal debe estar recubierto con un material impermeable, como arcilla o geotextil. Su diseño debe ser amplio y poco profundo para asegurar que el agua tenga un mayor contacto con las raíces de la vegetación, **la profundidad total del sustrato debe estar comprendida entre 45 y 90 cm**. Es esencial que la zona de entrada sea lo suficientemente grande para distribuir el flujo de manera uniforme y evitar bloqueos. Además, la salida debe ser ajustable para modificar el nivel del agua y mejorar el rendimiento del sistema.

El humedal a realizar en el batallón tiene aproximadamente **126 m² (90m de largo y 1.40m de ancho) y un volumen de 138.6 m³ (90m de largo, 1.40 m de ancho y 0.90 m de profundidad), con una inclinación del 1%**. (Tilley, 2018).

Monitoreo y control: Es necesario implementar un programa de monitoreo periódico de la calidad del agua y los parámetros operacionales del humedal, para detectar y corregir cualquier desviación o riesgo potencial para la salud.

Gestión de olores: Implementar medidas para minimizar la generación de olores desagradables, como la adecuada aireación y circulación del agua, el control de la carga orgánica y la selección de especies vegetales que ayuden a mitigar los olores.

Área de Investigación

El área de investigación se enfocaría en la ingeniería ecológica aplicada al tratamiento de aguas residuales. Esto incluiría diversas disciplinas y líneas de investigación, tales como:

Ecología y biología de humedales: Estudio de las interacciones entre plantas, microorganismos, suelo y agua en los ecosistemas de humedales, así como la identificación de especies de plantas adecuadas para los sistemas de tratamiento con enfoque en especies locales.

Procesos biogeoquímicos: Investigación de los mecanismos de eliminación de contaminantes, como la absorción de nutrientes por parte de las plantas, la degradación microbiana de compuestos orgánicos y la sedimentación de sólidos dependiendo la cantidad de carga contaminante en el agua residual.

Diseño de sistemas de humedales artificiales: Desarrollo de modelos y criterios de diseño optimizados para diferentes tipos de aguas residuales, condiciones climáticas y objetivos de tratamiento.

Monitoreo y evaluación del rendimiento: Desarrollo de protocolos y técnicas para evaluar la eficiencia del tratamiento, la calidad del efluente y la salud de los ecosistemas de humedales.

Gestión y mantenimiento de humedales: Investigación de estrategias para optimizar el funcionamiento a largo plazo de los sistemas, incluyendo el control de la vegetación, la gestión del sistema y la prevención de problemas operativos.

Análisis de ciclo de vida y sostenibilidad: Evaluación de la huella ambiental y la eficiencia energética de los sistemas de humedales artificiales en comparación con otras tecnologías de tratamiento de aguas residuales.

En resumen, el área de investigación incluiría un enfoque multidisciplinario que combina la ecología, la ingeniería y la gestión ambiental para desarrollar soluciones sostenibles y eficientes para el tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales buscando disminuir los impactos ambientales.

Tema de Investigación

Tratamiento de aguas residuales por medio del sistema de humedal artificial de flujo vertical subsuperficial en el Batallón de Mantenimiento de la Marina Guaymaral.

Título de la Investigación

Sistema para Tratamiento de Aguas Residuales

Batallón de Mantenimiento de la Marina Guaymaral

Línea de Investigación

La línea de investigación se centraría en optimizar la selección de plantas y configuración de humedales, desarrollar modelos innovadores, estudiar la influencia de las condiciones ambientales, investigar la dinámica microbiana, evaluar la viabilidad y el rendimiento, recuperar recursos, desarrollar tecnologías de monitoreo y control, integrar con otras tecnologías de tratamiento y explorar los beneficios adicionales de estos sistemas.

Tipo de Investigación

Cualitativa, cuantitativa y de mercado competitivo, se evidencio la importancia de tener estos tres puntos de vista ya que es necesario analizar el mercado en cuanto a la población y los clientes potenciales que podría tener la empresa las características y necesidades que estos tienen para obtener nuestros servicios, por otra parte también es necesario tener en cuenta la cantidad de clientes y las posibilidades de realización de un proyecto, finalmente determinamos que la competencia es necesaria para realizar el segmento de mercado ya que en ellos se debe analizar la diferenciación en el mercado de otros productos similares al igual que los beneficios que se aportan con un producto/servicio como el que se plantea en la empresa Hidroeco consultoría.

Clase de Investigación

La investigación evaluativa es un tipo de investigación aplicada que tiene como objetivo principal evaluar y valorar la eficacia, eficiencia, impacto y sostenibilidad de proyectos o intervenciones. Su propósito es proporcionar información útil y confiable para la toma de decisiones, la mejora continua y el monitoreo constante.

La investigación evaluativa se basa en la recopilación sistemática de datos y evidencias, utilizando una combinación de métodos cuantitativos y cualitativos, como encuestas, entrevistas, observaciones, análisis de documentos y mediciones de indicadores de desempeño. Estos datos se analizan e interpretan para determinar en qué medida se han alcanzado los objetivos previstos, identificar los factores que influyen en los resultados y formular recomendaciones para mejorar la implementación y el impacto de las intervenciones.

Objetivo General y Específicos del Producto o Servicio

General

Desarrollar un sistema eficiente para el tratamiento de aguas residuales en el batallón por medio de un humedal artificial de flujo subsuperficial vertical.

Específico

- Realizar una investigación detallada que nos proporcione información relevante sobre humedales artificiales.
- Buscar prototipos de éxito hechos tanto en Colombia como en el exterior.
- Analizar y proponer una estructuración del sistema

Cuadro de Variables, Valores e Indicadores

Tabla 2 Cuadro de Variables, Valores e Indicadores

Variable	Valores Típicos	Indicadores
Área superficial	1 - 3 m ² /persona	Eficiencia de remoción de contaminantes, Carga orgánica e hidráulica
Profundidad	0.6 - 1.0 m	Volumen efectivo, Tiempo de retención hidráulica
Medio granular	Grava (10 - 60 mm), Arena gruesa	Conductividad hidráulica, Porosidad efectiva
Pendiente del lecho	0.5 - 1%	Distribución del flujo, Velocidad de flujo
Vegetación	Juncos, Carrizos, Espadañas	Densidad de plantación, Superficie específica
Carga hidráulica superficial	0.05 - 0.15 m ³ /m ² ·día	Tiempo de retención, Riesgo de colmatación
Carga orgánica superficial	6 - 15 g DBO/m ² ·día	Eficiencia de remoción de materia orgánica
Tiempo de retención hidráulica	3 - 7 días	Eficiencia de tratamiento, Remoción de patógenos
Remoción de sólidos suspendidos	80 - 90%	Calidad del efluente, Colmatación
Remoción de DBO/DQO	70 - 90%	Calidad del efluente, Cumplimiento de normas
Remoción de nitrógeno total	40 - 60%	Calidad del efluente, Eutrofización

Remoción de fósforo total	30 - 50%	Calidad del efluente, Eutrofización
Remoción de patógenos	> 99%	Calidad del efluente, Riesgos sanitarios
Costos de construcción	Variable según diseño y materiales	Viabilidad económica
Costos de operación y mantenimiento	Variable según tamaño y complejidad	Viabilidad económica, Sostenibilidad

Fuente: Elaboración Propia

Herramientas de Investigación Utilizadas

1. Plano arquitectónico
2. Manuales de diseño y guías técnicas
3. Caso de estudio (visita de campo, análisis y estudio del espacio)
4. Colaboraciones y Asesorías
5. Toma de muestras del agua para análisis
6. Referencias de humedales artificiales ya realizados

Evidencia de Diligenciamiento del CVLAC

Ilustración 11 Evidencia CVLAC

31/5/24, 17:13

CvLAC - RG

Datos generales	Actividades formación	Actividades evaluador	Apropiación social	Producción bibliográfica	Producción Técnica
Más información	Producción en arte	Buscar			

Hoja de vida

Nombre	Laura Daniela Vela Pulido
Nombre en citaciones	VELA PULIDO , LAURA DANIELA
Documento identidad	Cédula de ciudadanía 1001094690
Nacionalidad	Colombiana
Fecha y lugar de nacimiento	2002-10-24 00:00:00.0 - Colombia BOGOTÁ, D.C.
Sexo	Femenino

Dirección Profesional

Institución	UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
Dirección	Calle 28 No. 5B-02
Barrio	
Teléfono	6012418800
E-mail institucional	ldvela@unicolmayor.edu.co

Dirección Residencial

Dirección	Carrera 55 a # 127 d 37
Barrio	Prado Veraniego
Municipio	BOGOTÁ, D.C.
Teléfono	3166577486
E-mail personal	Lauradanielavela@gmail.com

Ilustración 12 Evidencia CVLAC

31/5/24, 17:40

CvLAC - RG

Datos generales	Actividades formación	Actividades evaluador	Apropiación social	Producción bibliográfica	Producción Técnica
Más información	Producción en arte	Buscar			

Hoja de vida

Nombre	Erika Juliana Quemba Fonseca
Nombre en citaciones	QUEMBA FONSECA, ERIKA JULIANA
Documento identidad	Cédula de ciudadanía 1001345037
Nacionalidad	Colombiana
Fecha y lugar de nacimiento	2002-07-07 00:00:00.0 - Colombia BOGOTÁ, D.C.
Sexo	Femenino

Dirección Profesional

Institución	UNIVERSIDAD COLEGIO MAYOR DE CUNDINAMARCA
Dirección	Calle 28 No. 5B-02
Barrio	
Teléfono	6012418800
E-mail institucional	equemba@unicolmayor.edu.co

Dirección Residencial


Dirección	Carrera 87 i # 69 a 57 sur
Barrio	Bosa Divino Niño
Municipio	BOGOTÁ, D.C.
Teléfono	3006507747
E-mail personal	erikajulianaquembafonseca@gmail.com

Ilustración 13 Evidencia CVLAC

Hoja de vida	
Nombre	sixto fabian salcedo garcia
Nombre en citaciones	SALCEDO GARCIA, SIXTO FABIAN
Documento identidad	Cédula de ciudadanía 1032450525
Nacionalidad	Colombiana
Fecha y lugar de nacimiento	1992-07-02 00:00:00.0 - Colombia BOGOTÁ, D.C.
Sexo	Masculino
Dirección Profesional	
Institución	
Dirección	
Barrio	
Teléfono	
E-mail institucional	sfsalcedo@unicolmayor.edu.co
Dirección Residencial	
Dirección	
Barrio	
Municipio	
Teléfono	3004783845
E-mail personal	fsalcedogarcia@gmail.com


Obtención Número ORCID



Ilustración 14 Evidencia ORCID


Conectando a los investigadores con su investigación

Laura Daniela Vela Pulido
Español

Laura Daniela Vela Pulido


<https://orcid.org/0009-0006-0912-8256>



> Mostrar el resumen del registro

Información personal

Países >

Colombia

Actividades

> Educación y titulaciones (1)
☰ Ordenar

[Expandir todo](#)

Ilustración 15 Evidencia ORCID

The screenshot shows the ORCID profile page for Sixto Fabián Salcedo García. The browser address bar displays "orcid.org/0009-0009-4805-8459". The page features the ORCID logo and the tagline "Conectando investigación e investigadores". Navigation options include "Iniciar sesión / Registrarse" and a language dropdown set to "Inglés". A search bar is present with the placeholder text "Buscar en el registro ORCID...". The profile header displays the name "Sixto Fabián Salcedo García" and the ORCID iD "https://orcid.org/0009-0009-4805-8459". Below the header, there is a section titled "Resumen del registro" with a link to "Obtenga más información sobre los resúmenes de registros". A "FECHAS CLAVE" section lists two events: "Grabación creada" and "Última actualización", both dated "15 de febrero de 2024".

Ilustración 16 Evidencia ORCID

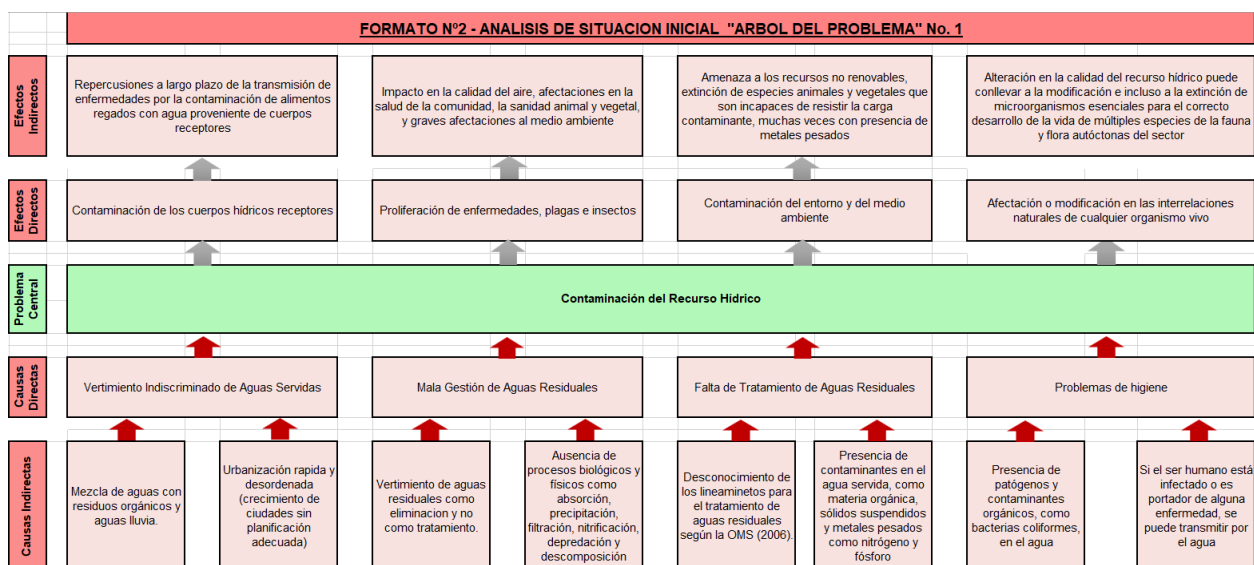
The screenshot shows the ORCID profile page for Erika Juliana Quemba Fonseca. The browser address bar displays "orcid.org/0009-0002-3596-4208". The page features the ORCID logo and the tagline "Connecting research and researchers". Navigation options include a user profile dropdown for "Erika Juliana Quemba Fonseca" and a language dropdown set to "English". A search bar is present with the placeholder text "Search the ORCID registry...". The profile header displays the name "Erika Juliana Quemba Fonseca" and the ORCID iD "https://orcid.org/0009-0002-3596-4208". A link to "Show record summary" is visible in the header area.

Descripción del producto o Servicio

Formulación del Problema por Investigar

Árbol del Problema, Causas y Efectos, Descripción

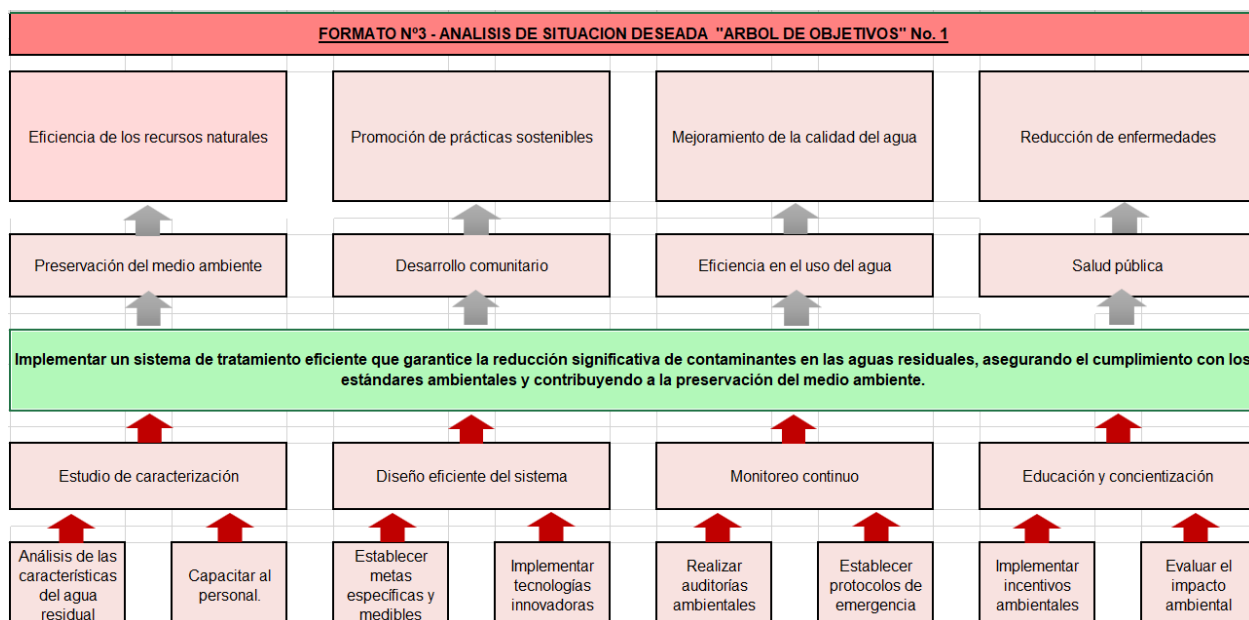
Ilustración 17 Árbol de Problemas



Fuente: Elaboración Propia

Árbol de Objetivos, Medios y Fines, Definición

Ilustración 18 Árbol de Objetivos



Fuente: Elaboración Propia

Delimitación Temática y Geográfica

Temática

Tipo de Agua Residual: domesticas, industriales, agrícolas y pluviales

Contaminantes objetivo: materia orgánica, nutrientes, solidos suspendidos

Tipo de humedal artificial: Humedales de flujo subsuperficial vertical

Etapas del proceso: Diseño y dimensionamiento del humedal, construcción e implementación, operación y monitoreo, optimización y mejora del rendimiento

Enfoques del estudio: Evaluación de la eficiencia de remoción de contaminantes, análisis de mecanismos y procesos depuradores, modelado y simulación del comportamiento del humedal, viabilidad técnica, económica y ambiental, comparación con otras tecnologías de tratamiento.

Geográfica

El presente proyecto se delimitará geográficamente en el departamento de Cundinamarca, Colombia, específicamente en las regiones de la Sabana Centro y la Sabana Occidente, que comprenden un total de 19 municipios:

La Sabana Centro incluye los municipios de: Cajicá, Chía, Cogua, Cota, Gachancipá, Nemocón, Sopó, Tabio, Tenjo, Tocancipá, Zipaquirá.

Por otro lado, la Sabana Occidente abarca los municipios de: Bojacá, El Rosal, Facatativá, Funza, Madrid, Mosquera, Subachoque, Zipacón.

Descripción

Concepto General del Producto o Servicio

HidroEco ofrece soluciones integrales para el tratamiento eficiente de aguas residuales mediante el diseño, construcción e implementación de humedales artificiales y plantas de tratamiento convencionales.

Nuestra empresa se especializa en brindar soluciones personalizadas y respaldadas por investigación técnica para el manejo sostenible de aguas residuales. Nuestro objetivo principal es lograr la recuperación y reutilización del recurso hídrico, contribuyendo significativamente a la mejora del medio ambiente y el cumplimiento de regulaciones ambientales.

Contamos con un enfoque multidisciplinario que nos permite analizar detalladamente las características y necesidades específicas de cada proyecto, evaluando factores como la composición del agua residual, caudales, contaminantes presentes y condiciones locales. En base a esto, diseñamos e implementamos soluciones integrales.

Impacto Tecnológico, Social y Ambiental

Impacto tecnológico

- Representan una tecnología natural de bajo costo y baja complejidad tecnológica en comparación con sistemas convencionales de tratamiento de aguas residuales.
- Requieren poco consumo de energía y mínimos insumos químicos, lo que los hace más sostenibles.
- Son una solución modular y escalable, adaptable a diversas necesidades y caudales.
- Impulsan el desarrollo de tecnologías complementarias como sistemas de pretratamiento, desinfección y reutilización del agua tratada.

Impacto social

- Contribuyen a mejorar la calidad de vida al tratar las aguas residuales y reducir la contaminación de cuerpos de agua.
- Permiten el acceso a soluciones de saneamiento en comunidades rurales y de bajos recursos.

- Pueden integrarse de forma armónica en el paisaje urbano y rural, brindando espacios verdes.
- Promueven la sensibilización y educación ambiental al ser sistemas visibles y de fácil comprensión.
- Generan oportunidades de empleo e investigación en torno a tecnologías sostenibles.

Impacto ambiental

- Remueven eficientemente contaminantes de las aguas residuales mediante procesos naturales.
- Reducen la demanda de recursos hídricos al permitir la reutilización del agua tratada.
- No generan residuos ni subproductos contaminantes durante su operación.
- Tienen un bajo impacto visual y auditivo en comparación con plantas de tratamiento convencionales.
- Contribuyen a la mitigación del cambio climático al no requerir grandes aportes de energía.

Potencial Innovador

El potencial innovador es el servicio de diseño personalizado que busca adaptar las características y necesidades de sistemas de tratamiento de aguas residuales a las condiciones específicas de cada proyecto, con el fin de optimizar su eficiencia, rendimiento y sostenibilidad. Este enfoque implica considerar una serie de factores clave, como, características del agua (Concentración de agentes contaminantes), objetivos de tratamiento (Nivel de eliminación de contaminantes, calidad y normativa), condiciones climáticas y ambientales (Clima local, temperatura, etc), disponibilidad del terreno (Superficie y topografía de la zona), tipo de

humedal (Superficial, sub-superficial, vertical, horizontal), selección de plantas, integración paisajística.

Además de incorporar elementos innovadores como tecnologías complementarias tales como monitoreo en tiempo real, procesos de biorremediación que consiste en un proceso de biotecnología, el cual usaría microorganismos, hongos y plantas para recuperar el medio ambiente alterado, además, para la reutilización del agua, el humedal puede tener un tratamiento terciario, tal como osmosis inversa que consiste en purificar el agua por medio de una membrana semipermeable para separar las moléculas de agua o la desinfección UV.

Justificaciones del Problema Por Investigar

Justificación Ambiental

Mejorar la calidad del agua y preservar las fuentes hídricas, promoviendo la conservación de especies locales y la restauración de ecosistemas por medio de la reducción y filtración de contaminantes en las aguas residuales pasando por un proceso previo a su liberación.

Justificación Social

Contribuir a la salud pública al proporcionar una fuente de agua con menos contaminantes, con ello buscando reducir los riesgos asociados al consumo de esta, además, fomentar la conciencia ambiental y la participación comunitaria a través de información de beneficios y ventajas que aporta un proyecto como el que se plantea.

Justificación Económica

Optimizar los costos de la gestión y tratamiento de agua residual por medio de tecnologías eficientes, lo que podría brindar una reducción de costos al ser un sistema sostenible que busca promover el retorno en cuanto a uso de estas aguas ya procesadas.

Justificación Profesional

Contribuir al avance del conocimiento en el campo del tratamiento de aguas residuales desarrollando y compartiendo estudios en el diseño, operación y mantenimiento de humedales artificiales con especies nativas de Colombia.

Justificación Tecnológica

Innovar en el diseño y la implementación de tecnologías sostenibles para el tratamiento de aguas residuales, buscando soluciones eficaces y de bajo impacto ambiental que puedan ser replicadas en proyectos similares, además de realizar sistemas de monitoreo y control que mejore la eficiencia del tratamiento de aguas con una gestión adecuada.

Necesidades que Satisface

Es una solución eficiente y sostenible para el tratamiento de aguas residuales. Estos sistemas permiten remover contaminantes como sólidos suspendidos, materia orgánica, nitrógeno, fósforo y patógenos, mejorando significativamente la calidad del agua tratada. Además, su operación es mayormente pasiva, lo que implica un bajo consumo energético en comparación con métodos convencionales, lo que los hace atractivos desde un punto de vista económico. Al mantener el agua bajo la superficie, estos humedales minimizan la emisión de olores, ofreciendo un entorno más limpio y controlado. Su construcción y mantenimiento suelen ser más económicos, lo que reduce los costos operativos a largo plazo. También, su diseño contribuye a la sostenibilidad ambiental, protegiendo los ecosistemas acuáticos y apoyando la biodiversidad local.

Impacto Ambiental

Los humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical emergen como una solución integral que satisface múltiples necesidades en el ámbito del tratamiento de aguas residuales y el

saneamiento. Gracias a sus eficientes procesos naturales, estos sistemas depuran efluentes domésticos, industriales y agrícolas, removiendo contaminantes como materia orgánica, nutrientes, metales pesados y patógenos, cumpliendo así con las normativas ambientales vigentes. Además, brindan acceso a soluciones de saneamiento básico descentralizadas para comunidades rurales y zonas periurbanas desconectadas de redes convencionales de alcantarillado. Una ventaja notable es la posibilidad de reutilizar de manera segura el agua tratada para riego agrícola, jardinería, refrigeración industrial y otros fines, contribuyendo a la conservación de los recursos hídricos. Estos humedales se integran armónicamente al paisaje natural y urbano, generando nuevos hábitats que fomentan la biodiversidad acuática y terrestre, al tiempo que satisfacen la necesidad de contar con sistemas de bajo costo de inversión, operación y mantenimiento, con un impacto ambiental, visual y auditivo mínimo en comparación con plantas convencionales. Todo ello los convierte en una opción comprensible y visible que facilita la educación ambiental.

Metodología de la Investigación

Alcance

El presente proyecto tiene como objetivo diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales mediante un humedal artificial subsuperficial de flujo vertical para un caso de estudio real, garantizando su eficacia y eficiencia en la remoción de contaminantes, así como su viabilidad técnica, económica y ambiental

Procedimientos

Revisión bibliográfica exhaustiva:

- Recopilar y analizar información científica relevante sobre humedales artificiales, tipos, diseños, especies vegetales utilizadas, eficiencias de remoción de contaminantes, etc.
- Consultar manuales, guías técnicas y normativas aplicables al diseño y operación de estos sistemas.
- Revisar casos de estudio similares y lecciones aprendidas.

Definición clara de objetivos:

- Establecer los objetivos específicos de la investigación
- Plantear hipótesis a comprobar experimentalmente

Caracterización del caso de estudio:

- Recopilar información detallada del sitio y las características del agua residual a tratar
- Realizar muestreos y análisis preliminares del agua residual

Diseño y actualización de planos arquitectónicos y redes.

- Elaborar planos detallados del sistema, incluyendo tuberías, estructuras de entrada y salida, etc.

Muestreo y análisis de agua

Interpretación de datos y resultados

Elaboración de presupuestos y planos constructivos

Presentación del informe final

Población y Muestra o Ensayos o Encuesta o Entrevistas

La población está concentrada en el Batallón de la Marina ubicado en el Guaymaral con una población de y sus alrededores, tanto edificaciones residenciales como industriales, la principal muestra se establecerá de los ensayos que se realicen en el batallón y basado en esto se realizaría

una encuesta para determinar la viabilidad basada en los resultados y tener en cuenta la necesidad de resolver una problemática de contaminación directa a los cuerpos de agua receptores.

Técnicas e Instrumentos

- Plano arquitectónico suministrado por el batallón
- Visitas al lugar
- Instrumentos de muestreo y medición in situ
- Teñir el agua con un colorante inerte y realizar un seguimiento visual de su recorrido por las redes
- Toma de muestras del agua
- Análisis de información

Antecedente del Problema por Investigar

La falta de tratamiento adecuado de las aguas residuales ha sido un problema persistente a nivel mundial, con graves consecuencias para la salud pública, el medio ambiente y el desarrollo socioeconómico. Algunos antecedentes relevantes incluyen:

Impacto en la salud pública: La descarga de aguas residuales sin tratar en cuerpos de agua ha contribuido a la propagación de enfermedades transmitidas por el agua, como la diarrea, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y el cólera, especialmente en países en desarrollo con infraestructura sanitaria deficiente.

Deterioro de los ecosistemas acuáticos: El exceso de nutrientes (principalmente nitrógeno y fósforo) en las aguas residuales puede causar la eutrofización de los cuerpos de agua receptores, lo que conduce a la proliferación de algas, la disminución del oxígeno disuelto y la alteración de los ecosistemas acuáticos.

Contaminación por patógenos y sustancias químicas: Las aguas residuales no tratadas pueden contener una amplia gama de contaminantes, como bacterias, virus, parásitos, productos farmacéuticos, pesticidas y metales pesados, que representan una amenaza para la salud humana y la vida acuática.

Impacto en la agricultura y la seguridad alimentaria: El uso de aguas residuales no tratadas para el riego de cultivos puede contaminar los productos agrícolas y transmitir enfermedades a los consumidores, además de degradar la calidad del suelo a largo plazo.

Desafíos en áreas urbanas y asentamientos informales: El rápido crecimiento de la población urbana y la expansión de asentamientos informales han sobrecargado o superado la capacidad de las infraestructuras de tratamiento de aguas residuales existentes, lo que ha agravado los problemas de contaminación y salud pública.

Impacto económico y social: La contaminación del agua por la falta de tratamiento de aguas residuales tiene un costo económico significativo en términos de atención médica, pérdida de productividad, disminución del turismo y reducción del valor de las propiedades, además de exacerbar las desigualdades sociales y afectar desproporcionadamente a las comunidades vulnerables.

Ante estos antecedentes, se ha reconocido cada vez más la necesidad de invertir en infraestructura de tratamiento de aguas residuales, promover tecnologías sostenibles y asequibles, y fortalecer las políticas y regulaciones para garantizar la protección de la salud pública y el medio ambiente. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, en particular el ODS 6 sobre agua limpia y saneamiento, han impulsado los esfuerzos globales para abordar este desafío crítico.

Estado del Arte del Problema a Investigar

El tratamiento de aguas residuales es una práctica fundamental para proteger la salud pública y preservar el medio ambiente. En un mundo donde el acceso a agua limpia es cada vez más crucial, el manejo adecuado de las aguas residuales se ha convertido en una prioridad global. Las aguas residuales, generadas por una variedad de actividades humanas, industriales y agrícolas, contienen una amplia gama de contaminantes que deben ser eliminados o reducidos antes de su liberación en el medio ambiente o su reutilización.

Este proceso de tratamiento de aguas residuales implica una combinación de métodos físicos, químicos y biológicos diseñados para eliminar contaminantes como sólidos suspendidos, materia orgánica, nutrientes y patógenos. Desde sistemas de tratamiento convencionales hasta tecnologías avanzadas como membranas de ultrafiltración y humedales artificiales, existe una variedad de enfoques disponibles para tratar diferentes tipos de aguas residuales.

En esta era de crecimiento poblacional y desarrollo industrial, el tratamiento efectivo de aguas residuales es de gran importancia

Marcos Contextual o Referencial

Marco Teórico

Conceptos y Definiciones

- **Tratamiento de Aguas Residuales:** Proceso que elimina los contaminantes del agua residual para hacerla segura para su descarga o reutilización. Los métodos de tratamiento pueden incluir procesos físicos, químicos y biológicos.
- **Aguas Residuales:** Aguas utilizadas en actividades humanas que contienen una variedad de contaminantes, incluidos desechos domésticos, industriales y agrícolas.

Estos contaminantes pueden incluir materia orgánica, nutrientes, metales pesados, patógenos y productos químicos tóxicos.

- **Humedales Artificiales:** Sistemas construidos para simular las funciones de los humedales naturales en el tratamiento de aguas residuales. Estos humedales utilizan plantas acuáticas y microorganismos para eliminar contaminantes y mejorar la calidad del agua.
- **Planta de Tratamiento:** Es un sistema diseñado específicamente para purificar el agua residual, eliminando los contaminantes y haciéndola segura para su descarga en el medio ambiente o para su reutilización. Estas instalaciones son esenciales para garantizar la salud pública y proteger el medio ambiente al procesar las aguas residuales generadas por actividades humanas, industriales y comerciales.

Tipos de Humedales Artificiales

Humedales construidos de flujo superficial

- Estos humedales son sistemas de tratamiento de aguas residuales donde el agua fluye verticalmente sobre la superficie del sustrato de manera lenta y controlada.
- La vegetación y el sustrato del humedal retienen, absorben y transforman los contaminantes presentes en el agua, incluyendo nutrientes, sedimentos y compuestos orgánicos.
- La exposición directa al aire y a la luz solar favorece los procesos biológicos y químicos que contribuyen a la depuración del agua

Humedales construidos de flujo subsuperficial

- Estos humedales son similares a los de flujo superficial, pero el agua fluye a través de un lecho de sustrato poroso debajo de la superficie del agua.

- El flujo subsuperficial aumenta el tiempo de contacto entre el agua y el sustrato, mejorando la eficiencia del tratamiento.
- Los procesos de filtración, adsorción y biodegradación en el sustrato contribuyen a la eliminación de contaminantes.

Humedales construidos de flujo vertical

- En estos humedales, el agua se mueve verticalmente a través de un lecho de sustrato, usualmente mediante bombeo, permitiendo un tratamiento más intensivo.
- El flujo vertical favorece la oxigenación del agua y el sustrato, promoviendo la actividad biológica aerobia.
- Los contaminantes son eliminados mediante procesos físicos, químicos y biológicos en el sustrato y la columna de agua.

Diseño y Construcción

Evaluación del sitio

- Se realiza un análisis detallado del sitio donde se planea construir el humedal. Esto incluye consideraciones topográficas, hidrológicas, geológicas y de suelos.
- Se evalúan las características hidráulicas, como la dirección y el flujo del agua, así como la disponibilidad de agua y los niveles freáticos.

Determinación de los objetivos del tratamiento

- Se definen claramente los objetivos de tratamiento del humedal, que pueden incluir la eliminación de contaminantes específicos, la mejora de la calidad del agua o la restauración ambiental.

Selección del tipo de humedal

- Se elige el tipo de humedal construido más adecuado según los objetivos del tratamiento, las características del sitio y las cargas contaminantes esperadas.

Diseño hidráulico y de flujo de agua

- Se desarrolla un diseño hidráulico que asegure un flujo adecuado de agua a través del humedal, considerando la entrada, la distribución y la salida del agua.
- Se diseñan estructuras hidráulicas, como entradas, salidas, canales y dispositivos de control de flujo, para optimizar el rendimiento del humedal.

Diseño del lecho y del sustrato

- Se selecciona un sustrato adecuado para el lecho del humedal, que puede incluir arena, grava, arcilla expandida u otros materiales porosos.
- Se determina el grosor y la composición del sustrato en función de los procesos de tratamiento deseados y la capacidad de soporte de carga del suelo.

Selección y plantación de vegetación

- Se eligen especies de plantas adecuadas para el humedal, considerando su capacidad para filtrar contaminantes, tolerancia a condiciones hídricas variables y resistencia a plagas y enfermedades.
- Se planta la vegetación de acuerdo con un diseño preestablecido, teniendo en cuenta la distribución espacial y la densidad de plantación.

Construcción y instalación

- Se lleva a cabo la construcción física del humedal, que puede incluir excavación del lecho, instalación de revestimientos impermeables, construcción de estructuras hidráulicas y plantación de vegetación.

- Se implementan sistemas de control de erosión y sedimentación para minimizar la degradación del sitio durante la construcción.

Puesta en marcha y monitoreo

- Una vez construido, el humedal se pone en funcionamiento y se monitorea su rendimiento para garantizar que cumpla con los objetivos de tratamiento establecidos.
- Se realizan ajustes y modificaciones según sea necesario para optimizar el rendimiento y la eficacia del humedal a lo largo del tiempo.

Marco Histórico

Origen del Tratamiento de Aguas Residuales

Civilizaciones Antiguas: Desde las civilizaciones antiguas, como los sumerios, egipcios, griegos y romanos, se han encontrado evidencias de sistemas rudimentarios de tratamiento de aguas residuales. Estos sistemas a menudo consistían en sistemas de drenaje, zanjas y canales que transportaban las aguas residuales lejos de las áreas habitadas.

Edad Media y Renacimiento: Durante la Edad Media y el Renacimiento, los sistemas de alcantarillado se desarrollaron en ciudades europeas como Londres y París. Sin embargo, estos sistemas se limitaban principalmente a la recolección y eliminación de aguas residuales, y no incluían un tratamiento significativo.

Revolución Industrial: Con la Revolución Industrial, el rápido crecimiento urbano exacerbó los problemas de contaminación del agua. A medida que las ciudades crecían, la contaminación de los ríos y cuerpos de agua se convirtió en un problema grave. En esta época, surgieron los primeros intentos de tratamiento de aguas residuales a mayor escala.

Siglo XX: Durante el siglo XX, se produjeron avances significativos en la tecnología

de tratamiento de aguas residuales. La creciente comprensión de los efectos negativos de la contaminación del agua en la salud pública y el medio ambiente impulsó la investigación y el desarrollo en esta área. Se desarrollaron diversos métodos de tratamiento, como la filtración, la sedimentación, la desinfección y la oxidación, para eliminar contaminantes del agua.

Regulaciones Ambientales: A medida que aumentaba la conciencia sobre los problemas ambientales, especialmente después de la década de 1970, se promulgaron leyes y regulaciones más estrictas sobre la calidad del agua. Esto condujo a la implementación de sistemas de tratamiento más avanzados y eficientes en todo el mundo.

Tecnologías Modernas: En las últimas décadas, se han desarrollado tecnologías más avanzadas para el tratamiento de aguas residuales, incluyendo procesos biológicos, membranas de filtración, tratamiento avanzado y tecnologías de recuperación de energía. Estas tecnologías permiten un tratamiento más efectivo y una reducción significativa de contaminantes en el agua residual tratada.

Marco Normativo

Se desarrolla con el fin de conocer sobre la legislación ambiental y las especificaciones existentes sobre vertimientos de agua residual. En el contexto actual, las normativas que rigen en el territorio colombiano son:

La Constitución Política de Colombia de 1991 y el documento "Plan de Manejo de Aguas Residuales Municipales en Colombia" del Ministerio de Ambiente (2004) reúne los impactos ocasionados al recurso hídrico por los vertimientos líquidos a cuerpos de agua. Se determina que, debido al mal manejo o la inexistente recolección, pretratamiento y disposición generados por actividades como la agricultura y la industria, las aguas residuales producidas por las viviendas residenciales han causado problemas de salubridad y disminuido la calidad del agua.

La situación empeora en la medida que los cuerpos receptores sobrepasen su capacidad de procesar la carga contaminante, lo cual deteriora la calidad del recurso y no puede ser utilizado posteriormente, incrementando los costos de tratamiento (Ambiente, 2004).

Entre la normativa referente al tratamiento de aguas residuales también se encuentran: Decreto 3100 de 2003, Decreto 1433 de 2004, Código de Recursos Naturales, Ley 99 de 1993, Código Sanitario y Decreto Ley 1594. Todas estas están encaminadas a lograr un saneamiento de los cuerpos hídricos receptores y conformar una estructura que busca ordenar y gestionar el recurso hídrico, protegiendo no solo el medio ambiente, sino también la salud de las personas y asegurando la conservación del elemento vital para la vida como lo es el agua.

A continuación, se relacionan leyes, decretos y resoluciones referentes al manejo, recolección, tratamiento y disposición de aguas residuales pertinentes a la investigación. (Milton Cesar Duarte, 2018).

Normativa

Constitución Política de Colombia 1991

Definición: En los artículos 78, 79 y 80 en donde establece que el Estado tiene entre otros deberes, la protección de la diversidad e integridad del ambiente; además fomentar la educación ambiental, prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, así mismo impone las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados al ambiente. (Milton Cesar Duarte, 2018)

Decreto Ley 2811 de 1974 (Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible).

Origen: Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de protección al Medio Ambiente.

Definición: En esta ley se contemplan las acciones de prevención y control de la contaminación

del recurso hídrico, a fin de garantizar la calidad del agua para su uso posterior. (Milton Cesar Duarte, 2018)

Ley 9 de 1979.

Origen: Código Sanitario Nacional.

Definición: Establece los procedimientos y las medidas para llevar a cabo la regulación y control de los vertimientos. (Milton Cesar Duarte, 2018)

Decreto 1594 de 1984.

Origen: Norma reglamentaria de Código Nacional de los Recursos naturales y de la ley 9 de 1979.

Definición: Contempla los aspectos relacionados con el uso del agua y los residuos líquidos. En cuanto, a aguas residuales, define los límites de vertimiento de las sustancias de interés sanitario y ambiental, permisos de vertimientos, tasas retributivas, métodos de análisis de laboratorio y estudios de impacto ambiental. (Milton Cesar Duarte, 2018)

Ley 99 de 1993.

Origen: Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones (Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible).

Definición: Por la cual se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables. Además, otorga a las Autoridades Ambientales Regionales, la facultad de ejercer las funciones de evaluación, control y seguimiento ambiental del uso del agua, el suelo, el aire y los demás recursos naturales renovables, las cuales comprenderán el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o

residuos líquidos, sólidos o gaseosos, en cualquiera de sus formas, al agua, al aire o a los suelos.

(Milton Cesar Duarte, 2018)

Ley 142 de 1994.

Origen: Ley de servicios públicos domiciliarios – LSPD Régimen de los servicios públicos domiciliarios (Congreso de Colombia).

Definición: Establece la competencia de los municipios para asegurar la prestación eficiente del servicio domiciliario de alcantarillado, que incluye el tratamiento y disposición final de las aguas residuales. Además, define que las entidades prestadoras de servicios públicos domiciliarios deben proteger el ambiente cuando sus actividades lo afecten (cumplir con una función ecológica).

Decreto 1600 de 1994 – IDEAM.

Origen: Decreto 1600 de 1994 -IDEAM.

Definición: El cual reglamenta parcialmente el sistema nacional ambiental – SINA, en cuanto a los Sistemas Nacionales de investigación Ambiental y de Información Ambiental, define que el IDEAM realizara el manejo de la información ambiental nacional, y la normalización de los procedimientos relacionados con la información ambiental. (Milton Cesar Duarte, 2018)

Ley 373 de 1997

Origen: Reglamenta el uso eficiente y ahorro del agua (Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible).

Definición: Contribuye a la disminución de aguas residuales, y fomenta el desarrollo del reúso de las aguas residuales como una alternativa de bajo costo que debe ser valorada. (Milton Cesar Duarte, 2018)

Resolución 372 de 1998.

Origen: Por el cual se actualizan las tarifas mínimas de las tasas retributivas por vertimientos líquidos (Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible).

Definición: La cual establece los valores para DBO5 y SST, los cuales se incrementarán anualmente conforme el IPC.

Ley 715 de 2001.

Origen: Por la cual se dictan normas orgánicas en materia de recursos y competencias de conformidad con los artículos 151, 288, 356 y 357 (Acto Legislativo 01 de 2001) de la Constitución

Política y se dictan otras disposiciones para organizar la prestación de los servicios de educación y salud, entre otros (Ministerio de Educación).

Definición: Establece el Sistema General de Participaciones constituido por los recursos que la Nación transfiere a las entidades territoriales. En el rubro de Participación de Propósito General se destinan recursos para agua potable y saneamiento básico, con los cuales al municipio le corresponde promover, financiar o cofinanciar proyectos de descontaminación de corrientes afectadas por vertimientos. (Milton Cesar Duarte, 2018)

Resolución 081 de 2001.

Origen: Tasas retributivas por vertimientos puntuales (Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible).

Definición: Por la cual se adopta el formulario parala información relacionada con el cobro de la

tasa retributiva y el estado de los recursos naturales. (Milton Cesar Duarte, 2018)

Conpes 3177 de 2002.

Origen: Acciones prioritarias y lineamientos para la formulación del plan nacional de manejo de aguas residuales (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia).

Acciones prioritarias y lineamientos para la formulación del plan nacional de manejo de aguas residuales.

(Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia)

Definición: Promueve la descontaminación y mejoramiento de la calidad de los cuerpos hídricos.

Decreto 1729 de 2002.

Origen: Decreto 1729 de 2002 (Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible)

Definición: Por el cual se reglamenta la ordenación de las cuencas hidrográficas bajo liderazgo de la Autoridad Ambiental competente, como un instrumento de planeación del uso y manejo sostenible de los recursos naturales, buscando un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico y social de los recursos naturales renovables y la conservación de la estructura físico-biótica de las cuencas hidrográficas, particularmente del recurso hídrico. (Milton Cesar Duarte, 2018)

Decreto 3100 de 2003.

Origen: Decreto 3100 de 2003 (Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible)

Definición: Reglamenta los artículos 42 y 43 de la Ley 99 de 1993, respecto a la implementación de tasas retributivas por vertimientos líquidos puntuales a un cuerpo de agua. La tasa retributiva consiste en un cobro por la utilización directa o indirecta de las fuentes de agua como receptoras de vertimientos puntuales y por sus consecuencias nocivas para el medio ambiente. El Decreto establece el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos.

Resolución 1256 de 2021.

Origen: Resolución 1256 de 2021 (Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible)

Definición: Establecer las reglas de juego y demás requisitos aplicables a quienes estén interesados en hacer uso de aguas residuales.

NTC-ISO 5667-1 Icontec.

Origen: Gestión ambiental. Calidad del agua. muestreo. directrices para el diseño de programas de muestreo.

Definición: Establece los principios generales que se deben aplicar en el diseño de programas de muestreo para los propósitos del control de calidad, la caracterización de la calidad, y la identificación de las fuentes de contaminación del agua, incluyendo los sedimentos y los lodos.

Resolución 1207 DE 2014.

Origen: Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas.

(Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible).

Definición: Trata de las disposiciones a tener en cuenta para el uso de las aguas residuales tratadas, no aplicables como fertilizantes o acondicionador de suelos.

Resolución 1433 DE 2004.

Origen: Por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones.

Definición: Trata del conjunto de actividades, proyectos y programas necesarios para la recolección y tratamiento de las aguas residuales y pluviales, antes de ser vertidas.

Decreto 3930 de 2010.

Origen: Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9a de 1979, así como el

Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. (Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible).

Definición: En este decreto se establecen los usos del recurso hídrico, los ordenamientos y vertimientos al mismo, al suelo y al alcantarillado. (Reyes, 2015).

Resolución 1096 de 2000.

Origen: Resolución 1096 de 2000 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia).

Definición: Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS.

Marco Productivo

En el desarrollo de la investigación para el proyecto de consultoría en el tratamiento de aguas residuales, podemos encontrar diferentes empresas con esta misma actividad económica. Nuestro servicio se enfoca en la asesoría y consultoría para el control, recolección, tratamiento y disposición final de aguas residuales provenientes de procesos biológicos, industriales y domésticos, con énfasis en el cálculo, diseño, construcción y mantenimiento de humedales artificiales de flujo subsuperficial vertical.

Realizamos una evaluación detallada de las necesidades específicas de cada cliente, elaborando un diseño personalizado para cada proyecto, asesorando técnicamente y brindando recomendaciones para la operación y mantenimiento eficiente de los sistemas. Nuestro objetivo es cumplir con los estándares de calidad ambiental y contribuir a la conservación de los recursos hídricos.

Cada proyecto tiene características muy distintas, por lo que los resultados, después de un minucioso análisis, serán completamente diferentes entre sí. Esto significa que no habrá dos proyectos con características similares, por lo cual no podemos comparar directamente nuestros servicios de consultoría y asesoría en el tratamiento de aguas residuales con los existentes en el mercado. Sin embargo, referenciaremos algunas de las empresas que brindan consultoría en temas similares a los nuestros.

ASI ambiente y soluciones integrales

“Ofrecemos consultoría de departamento de Ingeniería, conformado por profesionales multidisciplinarios; Ingenieros Ambientales y sanitarios, Abogados Ambientales e Ingenieros Químicos principalmente”

Realizamos servicios de:

- Tratabilidad de agua potable residual no domestica
- Diseño de sistemas de tratamiento. (Memorias de cálculo, manuales, presupuestos según los lineamientos de la Resolución 0330 de 2017.)
- Acompañamiento en los permisos de vertimientos ante las entidades ambientales. (Evaluación ambiental del vertimiento, plan de gestión integral, toma de muestras y modelación de afectaciones y diluciones de los vertimientos).
- Programas de reutilización y producción más limpia del recurso agua.
- Asesoría para la correcta selección de sistemas de tratamientos.
- Servicio de Tratamiento por alquiler (\$ / metro cúbico tratado.)
- Servicios de alquiler para deshidratación de lodos.
- Operación y Mantenimiento de Plantas de Tratamiento Existentes
- Alquiler de unidades de tratamiento.

-Automatización y Optimización de Plantas de tratamiento de agua.

(ASI Ambiente y Soluciones Integrales , 2024).

GENESIS AGUA SALUD Y VIDA

“En Agua Génesis contamos con un equipo especializado que brinda asesoría legal, capacitaciones y trámites de todos los requisitos necesarios que apliquen, de acuerdo sea el caso de estudio en materia de: instalación de sistemas de potabilización de agua, tratamientos de aguas residuales, solicitud de concesión de aguas superficiales o profundas y permiso de vertimientos. Todo esto frente a los Organismos competentes” (Génesis , 2019).

SYNERTECH SAS tratamiento de aguas

“Dedicada a la fabricación e implementación de sistemas para tratamiento y almacenamiento de aguas residuales, agua potable, industriales, minería y petróleo, desde pequeños hasta grandes volúmenes”

Nombre del Producto o Servicio

Nombre e Imagen del Producto o Servicio

Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Vertical

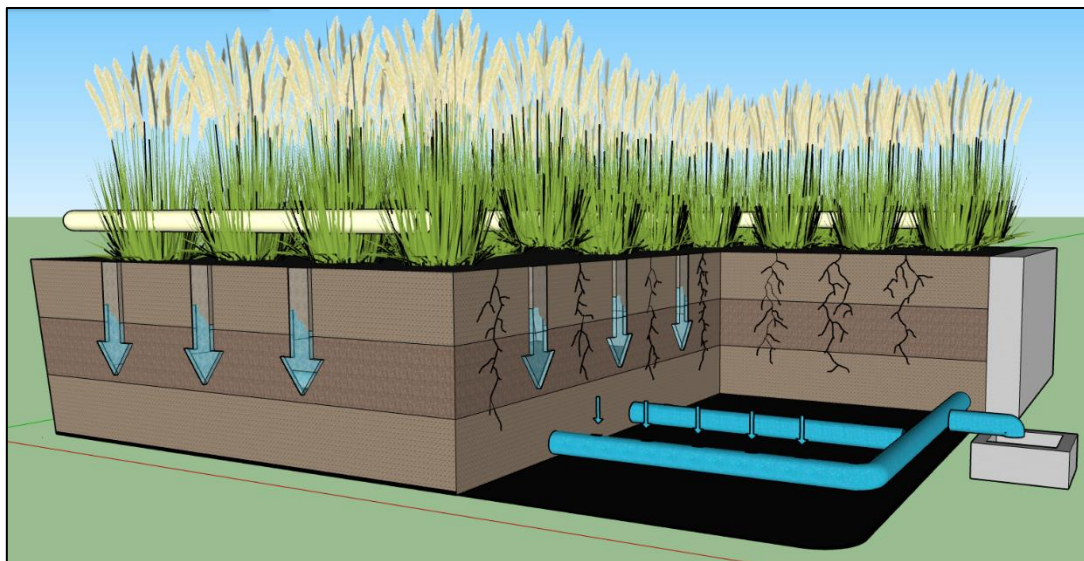


Ilustración 19 Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial Vertical

Fuente: Laura Daniela Vela

Composición del Producto o Servicio

1. Servicios de consultoría y asesoría:

- Evaluación y caracterización de la calidad del agua residual
- Diseño conceptual y básico de humedales artificiales y plantas de tratamiento
- Selección de tecnologías apropiadas según las características del afluente
- Modelado y simulación de procesos de tratamiento
- Estudios de viabilidad técnica, económica y ambiental
- Asesoría en normativas y regulaciones aplicables

2. Servicios de ingeniería y diseño:

- Diseño detallado de ingeniería de humedales artificiales y plantas de tratamiento
- Dimensionamiento y configuración de componentes
- Selección de materiales y equipos
- Elaboración de planos constructivos y especificaciones técnicas
- Desarrollo de manuales de operación y mantenimiento

3. Servicios de construcción y puesta en marcha:

- Gestión y supervisión de proyectos de construcción
- Suministro de materiales y equipos especializados
- Construcción e instalación de humedales artificiales y plantas de tratamiento
- Pruebas de arranque y puesta en marcha
- Capacitación del personal operativo

4. Servicios de operación y mantenimiento:

- Monitoreo y control de procesos de tratamiento
- Toma de muestras y análisis de laboratorio
- Mantenimiento preventivo y correctivo de instalaciones
- Optimización y mejora continua de procesos
- Gestión de lodos y residuos

5. Servicios de investigación y desarrollo:

- Investigación aplicada en tecnologías de tratamiento de aguas residuales
- Desarrollo de nuevos diseños y mejoras en humedales artificiales
- Ensayos a escala piloto y pruebas de nuevas configuraciones
- Publicaciones científicas y presentaciones en congresos

6. Servicios adicionales:

- Auditorías ambientales y estudios de impacto
- Capacitación y formación de personal técnico
- Asesoría en cumplimiento normativo y gestión de permisos
- Comercialización y venta de equipos y materiales especializados

Insumos, Elementos y Componentes del Producto o Servicio

Los humedales artificiales son sistemas que replican los procesos naturales de depuración de las aguas residuales, utilizando la vegetación y los microorganismos para eliminar contaminantes y mejorar la calidad del agua. Este informe describe los diferentes tipos de insumos, elementos y componentes que conforman la prestación del servicio de análisis, diseño, cálculo, construcción y mantenimiento de humedales artificiales. Lo cual implica una serie de procesos, insumos, elementos y componentes que deben estar correctamente interrelacionados, la siguiente es una descripción más detallada de cada uno.

Procesos:

1. Análisis de la calidad del agua residual
2. Identificación de la vegetación y microorganismos adecuados
3. Diseño hidráulico y de flujo
4. Cálculo de la capacidad de depuración
5. Construcción e instalación de componentes 6. Mantenimiento y monitoreo del sistema

Insumos:

- Agua residual a tratar
- Material granular (grava y arena)
- Plantas acuáticas emergentes (juncos, cañas, etc.)

Elementos:

- Tubería de entrada: Conduce el agua residual al humedal.
- Estructura de entrada: Permite la distribución uniforme del agua en el lecho.
- Impermeabilización del lecho: Puede ser con geomembrana sintética o arcilla compactada para evitar infiltraciones.

- Lecho o material granular: Generalmente compuesto por grava y arena, donde se desarrollan los procesos de depuración.
- Vegetación acuática emergente: Plantas arraigadas en el lecho que facilitan la remoción de contaminantes.
- Tubería de salida: Recoge el agua tratada para su disposición final o reutilización.
- Estructura de salida: Regula el nivel del agua y facilita la recolección del efluente tratado.

Componentes:

- Sistema de tuberías y válvulas de control
- Estructuras de entrada y salida
- Lecho filtrante (grava y arena)
- Geomembrana o capa de arcilla para impermeabilización
- Vegetación acuática emergente (juncos, cañas, etc.)
- Sistema de drenaje y recolección del efluente tratado

Otros componentes opcionales:

- Pretratamiento (tanque séptico, desarenador, etc.)
- Aireación forzada o natural
- Recirculación del efluente
- Sistemas de monitoreo y control
- Estructuras de acceso y mantenimiento

La correcta selección, dimensionamiento e instalación de estos insumos, elementos y componentes es fundamental para garantizar el óptimo funcionamiento del humedal artificial y la eficiencia en el tratamiento de las aguas residuales.

Especificaciones Técnicas del Servicio

1. Diseño y Dimensiones

Área Superficial: Determinada en función de la carga hidráulica y la carga orgánica del efluente.

Generalmente, se estima entre 2-5 m² por persona equivalente.

Profundidad: Generalmente entre 0.3 y 0.6 metros.

Pendiente: Se recomienda una pendiente del 1% al 3% para asegurar el flujo vertical.

2. Substrato

Material: Grava, arena o piedra triturada de tamaños específicos, típicamente de 10 a 20 mm de diámetro.

Profundidad del Substrato: Entre 0.3 y 0.6 metros.

3. Plantas

Especies Comunes: *Phragmites australis* (carrizo), *Typha* spp. (tule), *Scirpus* spp. (junco), entre otras plantas macrófitas.

Densidad de Plantación: Aproximadamente 4 a 6 plantas por metro cuadrado.

4. Sistema Hidráulico

Entrada: El agua residual debe entrar al humedal a través de un sistema de distribución que permita una carga uniforme, como tubos perforados.

Salida: Un sistema de recogida en el extremo opuesto para garantizar un flujo constante a través del humedal.

Tasa de Flujo Hidráulico: Generalmente entre 1 a 10 cm/día, dependiendo de la carga de contaminantes.

5. Pretratamiento

Tanque Séptico o Fosa Séptica: Para la sedimentación primaria de sólidos gruesos y reducción de la carga orgánica.

Desarenador: Para eliminar sólidos sedimentables más finos.

6. Parámetros de Calidad del Agua Tratada

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Reducción esperada de 70-90%.

Sólidos Suspendidos Totales (SST): Reducción esperada de 80-90%.

Nutrientes (Nitrógeno y Fósforo): Reducción variable dependiendo de las condiciones y diseño específico.

7. Mantenimiento y Operación

Monitoreo Regular: Inspección semanal del flujo y condiciones del agua, estado de las plantas y niveles de sedimentos.

Remoción de Sedimentos: Cada 1-3 años, dependiendo de la carga de sólidos en el efluente.

Control de Malezas: Eliminación periódica de plantas invasoras que puedan competir con las especies plantadas.

8. Consideraciones Ambientales

Protección Contra Inundaciones: Diseñar bermas y sistemas de desagüe para prevenir la inundación del área circundante.

Integración Paisajística: Considerar el diseño estético y la integración con el entorno natural.

Ejemplo de Diseño

Dimensiones y Carga

Población Servida: 100 personas

Área Necesaria: $2.5 \text{ m}^2/\text{persona} = 250 \text{ m}^2$

Dimensiones del Humedal: 50 m de largo x 5 m de ancho

Profundidad del Substrato: 0.5 m

Pendiente: 1.5%

Materiales

Substrato: Grava de 12 mm de diámetro

Plantas: Phragmites australis (1000 plantas)

Sistema Hidráulico

Tasa de Flujo: 5 cm/día

Entrada y Salida: Tubos perforados de PVC, diámetro de 100 mm

Estas especificaciones técnicas proporcionan una guía general para diseñar y construir un humedal artificial de flujo subsuperficial vertical. Es fundamental realizar un estudio detallado del sitio y considerando la normativa local para asegurar el éxito del proyecto y sostenibilidad a largo plazo.

Características Físicas, Químicas y Mecánicas del Producto

Características físicas:

Sustrato: Se utiliza un medio granular como grava, arena o un medio sintético para proporcionar un soporte físico para las raíces de las plantas y para la fijación de los microorganismos.

Vegetación: Se plantan especies de plantas acuáticas emergentes, sumergidas y flotantes para promover la remoción de contaminantes y proporcionar superficie para el crecimiento de partículas.

Zonas de flujo: Flujo Sub-superficial vertical

Características químicas:

Oxígeno disuelto: Los niveles de oxígeno disuelto son importantes para los procesos de degradación y disminución de contaminantes.

pH: El rango de pH óptimo varía según el tipo de humedal y los contaminantes que se desean eliminar.

Fosforo: puede encontrarse en el agua residual y en el medio natural

Características mecánicas:

Tiempo de retención hidráulica: Es el tiempo que permanece el agua dentro del humedal, y es un factor clave para la eficiencia del tratamiento.

Carga hidráulica: Es el volumen de agua que ingresa al humedal por unidad de área y tiempo, afectando la capacidad de tratamiento.

Flujo y distribución del agua: El diseño debe asegurar un flujo y distribución uniforme del agua a través del humedal.

Estructura de contención: Los humedales artificiales requieren estructuras como canales y tuberías para controlar el flujo de agua.

Ventajas Comparativas

El tratamiento de aguas residuales es un tema de gran importancia en la actualidad, debido al impacto que tiene en el medio ambiente y la salud pública. La creciente demanda de agua y la escasez de recursos hídricos hacen que sea fundamental buscar soluciones innovadoras y sostenibles para el manejo de las aguas residuales.

En este contexto, los humedales artificiales se presentan como una opción prometedora para el tratamiento de aguas residuales. Estos sistemas, que imitan el funcionamiento de los humedales naturales, ofrecen una serie de ventajas, como la eficiencia en la remoción de contaminantes, el bajo costo y mantenimiento.

Sin embargo, también existen desventajas y limitaciones en la implementación de humedales artificiales, como el requerimiento de espacio. Por lo tanto, es fundamental realizar un análisis

detallado de las ventajas y desventajas de esta tecnología para determinar su viabilidad en el mercado colombiano.

Este proyecto se enfoca en analizar la implementación de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales en una empresa en Colombia, identificando las ventajas y desventajas, y evaluando su competitividad en el mercado. El objetivo es proporcionar una visión integral de esta tecnología y su potencial para contribuir a la sostenibilidad ambiental en el país por medio del siguiente cuadro comparativo.

Tabla 3 Ventajas Comparativas

Aspecto	Ventajas	Desventajas
Innovación en el mercado	<p>- Posicionamiento como líder en innovación: Al ser pionera en Colombia, la empresa puede destacarse por implementar una tecnología novedosa, lo que atrae a clientes interesados en soluciones modernas y sostenibles.</p> <p>- Diferenciación competitiva: La falta de competidores directos en este nicho específico puede permitir a la empresa establecer estándares y precios, aprovechando un mercado aún no explorado.</p>	<p>- Falta de referencias locales: La ausencia de experiencias previas en el país puede generar incertidumbre tanto en clientes como en inversores, quienes podrían desconfiar al momento de adoptar una tecnología no probada localmente.</p> <p>- Desafíos en la construcción de confianza: Al ser una solución nueva, podría requerir tiempo para construir la confianza del mercado y demostrar la efectividad del sistema en las condiciones locales.</p>
Costos operativos	<p>- Bajos Costos de Mantenimiento: Menor necesidad de insumos químicos y menor consumo energético comparado con sistemas convencionales.</p> <p>- Bajo mantenimiento: Una vez establecido, el sistema requiere menos intervención humana y mantenimiento técnico,</p>	<p>- Altos costos de instalación inicial: La creación de un humedal artificial puede requerir una inversión inicial considerable en términos de diseño, construcción, y obtención de permisos.</p> <p>- Escasez de proveedores especializados: Dado que es una tecnología emergente en Colombia, podría haber dificultades para</p>

	disminuyendo los costos recurrentes.	encontrar proveedores locales de los materiales y servicios necesarios.
Sostenibilidad	<ul style="list-style-type: none"> - Beneficios ambientales: Los humedales artificiales contribuyen a la reducción de la contaminación, mejoran la calidad del agua y crean hábitats para la fauna local. - Reducción de huella de carbono: Al utilizar procesos naturales en lugar de energía intensiva, estos sistemas ayudan a disminuir la emisión de gases de efecto invernadero. - Cumplimiento con estándares internacionales: La adopción de tecnologías sostenibles puede facilitar la alineación con estándares y certificaciones internacionales, abriendo oportunidades en mercados globales 	<ul style="list-style-type: none"> - Requerimientos ambientales estrictos: La construcción y operación de humedales artificiales pueden estar sujetas a regulaciones ambientales rigurosas, que podrían extender los tiempos de implementación y aumentar los costos. - Limitaciones en ciertas condiciones: El desempeño de los humedales puede verse afectado por factores como el clima, la calidad del suelo, y la composición de las aguas residuales, lo que podría limitar su efectividad en algunas áreas geográficas.
Competencia	<ul style="list-style-type: none"> - Baja competencia directa: Con pocas o ninguna empresa ofreciendo este servicio en Colombia, la empresa puede capturar rápidamente una parte significativa del mercado, estableciendo relaciones duraderas con los clientes iniciales. - Oportunidad de establecer un estándar de la industria: La empresa puede influir en la creación de normativas y estándares locales, lo que podría consolidar su posición en el mercado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo de nuevos entrantes: Si el mercado percibe el éxito de la empresa, otras empresas podrían intentar replicar la tecnología, incrementando la competencia y presionando los precios a la baja. - Competencia indirecta: Aunque no haya competencia directa, otras tecnologías de tratamiento de aguas ya establecidas pueden ser vistas como más confiables o tener un costo inicial menor, lo que podría dificultar la entrada al mercado.

<p>Adaptabilidad y Escalabilidad</p>	<p>- Flexibilidad en el diseño: Los humedales artificiales pueden ser diseñados para manejar diferentes volúmenes de agua y tipos de contaminantes, lo que permite a la empresa adaptarse a las necesidades específicas de diferentes clientes.</p> <p>- Posibilidad de expansión: El sistema puede ser escalado o replicado en diferentes ubicaciones, facilitando la expansión geográfica de la empresa.</p>	<p>- Limitaciones en la capacidad de tratamiento: Los humedales pueden no ser adecuados para tratar grandes volúmenes de aguas residuales o para eliminar contaminantes altamente tóxicos, lo que podría limitar su aplicabilidad en ciertas industrias o situaciones.</p> <p>- Espacio requerido: Los humedales artificiales requieren una cantidad significativa de espacio, lo que podría ser un inconveniente en áreas urbanas o en terrenos costosos.</p>
<p>Percepción Pública</p>	<p>- Imagen de responsabilidad ambiental: La empresa puede beneficiarse de una imagen positiva al ser vista como responsable y comprometida con la sostenibilidad, lo que puede atraer a clientes conscientes del medio ambiente.</p> <p>- Posibilidad de recibir apoyo de ONGs y entidades ambientales: Asociaciones con organizaciones ambientales pueden reforzar la reputación de la empresa y abrir oportunidades para colaboraciones y financiamiento.</p>	<p>- Desconocimiento y escepticismo: Los clientes potenciales y las comunidades locales podrían no estar familiarizados con los humedales artificiales, lo que podría llevar a malentendidos o resistencia inicial.</p> <p>- Necesidad de campañas educativas: La empresa podría necesitar invertir en campañas de sensibilización y educación para informar a los clientes y a la comunidad sobre los beneficios y la seguridad de los humedales artificiales.</p>
<p>Regulación y Políticas Públicas</p>	<p>- Posibles incentivos gubernamentales: En un esfuerzo por promover tecnologías sostenibles, el gobierno podría ofrecer incentivos, como subsidios, exenciones fiscales, o apoyo técnico para proyectos de humedales artificiales.</p> <p>- Alineación con políticas ambientales: El uso de tecnologías ecológicas podría</p>	<p>- Incertidumbre regulatoria: La falta de normativas específicas para humedales artificiales en Colombia podría generar incertidumbre, lo que podría complicar la planificación y ejecución del proyecto.</p> <p>- Proceso de aprobación largo: Debido a la novedad de la tecnología, la obtención de permisos y la aprobación por parte de las</p>

	facilitar el cumplimiento de futuras regulaciones ambientales, que podrían volverse más estrictas con el tiempo.	autoridades podría ser un proceso largo y complejo.
--	--	---

Fuente: Elaboración Propias

Periodicidad, Características de Uso

Periodicidad de Uso del Producto

La periodicidad de uso del sistema de tratamiento de aguas residuales basado en humedales artificiales de flujo sub-superficial vertical varía dependiendo de varios factores, como el tipo de aguas residuales, el tamaño del sistema y las condiciones ambientales.

Funcionamiento Continuo: Los humedales artificiales operan de manera continua, ya que están diseñados para tratar las aguas residuales de manera constante durante todo el año. Esto implica que el sistema está en funcionamiento 24/7, adaptándose a los flujos de agua entrantes.

Mantenimiento Periódico: Aunque el sistema de tratamiento es de bajo mantenimiento, se recomienda una inspección periódica para verificar el estado del sistema.

Características de Uso del Producto

El sistema de humedales artificiales tiene varias características que lo hacen adecuado para el tratamiento de aguas residuales en áreas rurales, urbanas y en proyectos de urbanización sostenible. Entre las principales características se destacan:

Eficiencia en la Remoción de Contaminantes:

Los humedales artificiales son eficaces en la remoción de contaminantes orgánicos, como los nitratos, fosfatos y material suspendido, así como la reducción de patógenos mediante procesos biológicos.

También son efectivos en la remoción de metales pesados en menor medida, pero no son la solución principal para contaminantes industriales altamente tóxicos.

Bajo Mantenimiento y Costo Operativo:

A diferencia de sistemas tecnológicos más complejos (como plantas de tratamiento químico o sistemas con membranas), los humedales artificiales requieren un mantenimiento mínimo, lo que los hace más económicos a largo plazo.

No requieren energía eléctrica de manera continua (en la mayoría de los casos), lo que reduce considerablemente el costo operativo.

-Aprovechamiento de Procesos Naturales:

Utilizan procesos biológicos naturales y vegetación para filtrar, lo que los hace una opción altamente sostenible.

El diseño del sistema aprovecha las interacciones entre las raíces de las plantas, el sustrato (arena, grava, etc.) y las bacterias, para degradar los contaminantes de manera efectiva.

-Bajo Impacto Ambiental:

Al ser un sistema natural, tiene un bajo impacto ambiental. Además, los humedales pueden ofrecer beneficios adicionales como la creación de hábitats para fauna local y la mejora del paisaje urbano o rural.

-Adaptabilidad:

Este tipo de sistema puede ser adaptado a diferentes escalas, desde pequeños sistemas para casas individuales hasta grandes instalaciones para comunidades o industrias. La capacidad de tratamiento varía según el diseño y el tamaño del humedal.

-Uso en Áreas de Difícil Acceso:

Los humedales artificiales son útiles en zonas rurales o áreas de difícil acceso, donde las infraestructuras convencionales de tratamiento de aguas no son prácticas debido a su costo elevado o falta de energía eléctrica.

-Impacto a Largo Plazo:

A largo plazo, el uso del humedal artificial recupera el recurso hídrico al mejorar la calidad del agua tratada.

-Regulación y Cumplimiento Normativo:

Los sistemas de humedales artificiales deben cumplir con las normativas locales e internacionales sobre la calidad del agua. Aunque son efectivos, es importante que las aguas tratadas se sometan a un monitoreo constante para garantizar que se cumplan los estándares ambientales.

Proceso de Producción del Producto

Identificación de las Actividades Necesarias para el Diseño, Puesta en Marcha y Producción

Investigación y Análisis

1. Estudio de Mercado: Evaluar la demanda, competencia y posibles clientes
2. Análisis técnico: Investigar las mejores prácticas y tecnologías disponibles
3. Estudio del Sitio: Evaluar características del terreno y condiciones ambientales.

Diseño

1. Estudio de factibilidad: Evaluar la viabilidad del proyecto en el sitio seleccionado.
2. Análisis de agua: Realizar análisis de agua para determinar la calidad del agua y los contaminantes presentes.
3. Selección de vegetación: Seleccionar las especies de plantas adecuadas para el humedal artificial.

4. Diseño del sistema: Diseñar el sistema de humedal artificial, incluyendo el tamaño, la forma y los materiales de construcción.
5. Planificación de la construcción: Crear un plan de construcción detallado para llevar a cabo.

Puesta en Marcha

1. Preparación del sitio: Preparar el sitio para la construcción, incluyendo la excavación y la nivelación.
2. Construcción del sistema: Construir el sistema de humedal artificial, incluyendo la instalación de tuberías y la plantación de vegetación.
3. Instalación de equipos necesarios para medición y control
4. Pruebas y ajustes: Realizar pruebas y ajustes para asegurar el funcionamiento efectivo del sistema.

Producción

1. Monitoreo y mantenimiento: Establecer un plan de monitoreo y mantenimiento para asegurar el funcionamiento efectivo del sistema.
2. Operación del sistema: Operar el sistema de humedal artificial, incluyendo el control de flujos y la medición de la calidad del agua.
3. Análisis de agua: Realizar análisis de agua para determinar la eficacia del sistema en la eliminación de contaminantes.
4. Ajustes y mejoras: Realizar ajustes y mejoras en el sistema para optimizar su funcionamiento.

Actividades Adicionales

1. Educación y capacitación: Proporcionar educación y capacitación a los operadores y mantenimiento del sistema.
2. Monitoreo y evaluación: Realizar monitoreo y evaluación continuos para asegurar el funcionamiento efectivo del sistema y la calidad del agua tratada.
3. Mejoras y expansión: Considerar mejoras y expansión del sistema para aumentar su capacidad y eficacia

Diseño Conceptual

Tabla 4 Diseño Conceptual

Nombre: Humedal Artificial Subsuperficial de Flujo Vertical
Ubicación: Batallón de Mantenimiento de la Marina Guaymaral
Objetivo: Tratamiento de Aguas Residuales y mejora de la calidad del agua para su reutilización o descarga en cuerpos de agua naturales
Diseño:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Zona de entrada: Aguas residuales domésticas entran al sistema a través de una tubería de entrada. 2. Zona de distribución: El agua se distribuye uniformemente a través de una serie de tuberías y canales. 3. Zona de tratamiento: El agua fluye a través de un lecho de vegetación y sustrato, donde se producen procesos de filtración, adsorción y degradación de contaminantes. 4. Zona de recogida: El agua tratada se recoge en una tubería de salida. 5. Zona de monitoreo: Se instalan equipos de medición y control para monitorear la calidad del agua y el funcionamiento del sistema.
Componentes
Tuberías y canales
Lecho de vegetación y sustrato
Equipos de bombeo y distribución de agua

Equipos de medición y control de calidad del agua

Sistema de drenaje y control de agua

Vegetación

- Plantas nativas y adaptadas al clima local
 - **Plantas con raíces profundas para maximizar la filtración**
 - Vegetación con diferentes alturas y densidades para optimizar la retención de contaminantes
-

Sustrato

- Material poroso y permeable para permitir el flujo de agua y la filtración
 - Capacidad para retener contaminantes y nutrientes
-

Beneficios

- Mejora la calidad del agua para su reutilización o descarga en cuerpos de agua naturales
 - **Reduce la contaminación y la erosión en áreas urbanas**
 - **Proporciona un hábitat para la biodiversidad local**
 - Educa y conciencia a la comunidad sobre el manejo sostenible del agua
-

Fuente: Elaboración Propia

Duración del Ciclo Productivo

El proyecto de diseño, construcción y mantenimiento de humedales artificiales en el Batallón de Mantenimiento de la Marina en Guaymaral representa una iniciativa para la gestión del agua y la restauración del entorno natural. Este proyecto se desarrolla a través de un ciclo productivo que abarca varias etapas clave, cada una desempeñando un papel fundamental en el éxito del proyecto.

Etapas Clave en el Ciclo Productivo

Planificación

En esta fase inicial, se establecen los objetivos del proyecto, que incluyen la mejora de la calidad del agua y la promoción de la biodiversidad. Se realizan estudios de viabilidad y se evalúan los recursos necesarios, incluyendo presupuesto, mano de obra y materiales.

Diseño y Desarrollo

Aquí se define el diseño del humedal, considerando el flujo vertical subsuperficial y la selección de plantas locales. Se elaboran prototipos del sistema para evaluar su efectividad en el tratamiento de aguas. Esta etapa también incluye la elaboración de programación y planos suministrados para la construcción.

Aprovisionamiento

En esta etapa, se adquieren las plantas nativas y materiales necesarios para la construcción del humedal. Es esencial que todos los componentes cumplan con las especificaciones del diseño para asegurar el éxito del proyecto.

Producción

Esta fase implica la construcción del humedal, siguiendo los procesos de diseño previamente establecidos. Se realiza la excavación, se instalan los sistemas de flujo y se plantan las especies seleccionadas. Durante esta etapa, se debe garantizar la calidad de la ejecución, supervisando cada fase de la obra.

Control de Calidad

Tras la construcción, se llevan a cabo evaluaciones para asegurar que el humedal funciona de acuerdo a los estándares establecidos. Se verifica la integridad estructural y se monitorea la salud de las plantas para asegurar que el sistema opere eficientemente.

Almacenamiento y Distribución

Gestión del agua tratada, se establecerán protocolos para su uso y liberación en el entorno, asegurando que se cumplan las regulaciones ambientales y se aumenten los beneficios medio ambientales.

Postventa y Servicio al Cliente

Finalmente, se brindará soporte continuo a los responsables del mantenimiento del humedal.

Esto incluye capacitación sobre prácticas de mantenimiento, monitoreo de la calidad del agua y la recolección de datos clave para ajustar procesos y mejorar futuras intervenciones.

Cálculo de la Duración del Ciclo Productivo

Para garantizar el éxito del proyecto, es esencial calcular la duración del ciclo productivo.

Para ello, se utilizarán herramientas de gestión del tiempo como:

Diagramas de Gantt: Para planificar las etapas del proyecto y establecer plazos.

Redes PERT: Para analizar la secuencia de actividades y sus dependencias, garantizando que se cumplan los tiempos estipulados.

Aplicación de Técnicas de Cálculo

Con los datos del proyecto, se aplicarán técnicas de cálculo que permitirá identificar las actividades clave que no deben retrasarse. Teniendo en cuenta el uso óptimo de recursos y la disminución de tiempos de inactividad, para con ello lograr a cabalidad el inicio y fin de cada etapa del proyecto.

La duración del ciclo de un proyecto de diseño y construcción de un humedal artificial puede variar considerablemente según el tamaño y la complejidad del proyecto.

En un aproximado teniendo en cuenta aspectos como, la cantidad de tareas, disponibilidad de recursos, tiempos de ejecución estimados, dependencias entre actividades y la misma aplicación de cálculo determinamos unos tiempos, cabe resaltar que cada proyecto es de diferente naturaleza y se deben tener en cuenta unas consideraciones adicionales como:

Factores Ambientales: La temporada y las condiciones climáticas pueden afectar los tiempos de construcción y crecimiento de las plantas.

Regulaciones: Cumplir con normativas ambientales puede añadir tiempo adicional al proceso.

Proyecto Pequeño

Duración Total: 3 a 6 meses

Planificación: 1 mes

Diseño y Desarrollo: 1 mes

Aprovisionamiento: 1 mes

Producción: 1 a 2 meses

Control de Calidad y Postventa: 1 mes

Proyecto Mediano

Duración Total: 6 a 12 meses

Planificación: 2 meses

Diseño y Desarrollo: 2 meses

Aprovisionamiento: 1 a 2 meses

Producción: 2 a 4 meses

Control de Calidad y Postventa: 1 a 2 meses

Proyecto Grande

Duración Total: 1 a 2 años

Planificación: 3 a 6 meses

Diseño y Desarrollo: 3 a 6 meses

Aprovisionamiento: 2 a 4 meses

Producción: 6 a 12 meses

Control de Calidad y Postventa: 3 a 6 meses

Evaluación de la Eficiencia del Ciclo Productivo en el Proyecto de Humedales Artificiales

La evaluación de la eficiencia del ciclo productivo en el proyecto de diseño, construcción y mantenimiento de humedales artificiales es importante para identificar oportunidades de mejora y aumentar la sostenibilidad y efectividad de las operaciones. A través del análisis de datos históricos de producción y la simulación de ajustes, se pueden optimizar los procesos y reducir el tiempo de ejecución del proyecto.

Análisis de Datos Históricos de Producción

El primer paso para evaluar la eficiencia del ciclo productivo es el análisis de datos históricos relacionados con proyectos similares. Esto proporciona una visión clara del rendimiento pasado y permite identificar tendencias y patrones. En relación a los humedales artificiales se debe considerar:

Capacidad de producción utilizada: Evaluar cuántos proyectos de humedales se han completado en comparación con los planificados.

Tiempos de entrega: Analizar si los plazos establecidos se cumplieron y en qué medida.

Costos de producción: Examinar si los costos superaron el presupuesto y qué factores contribuyeron a esto.

Calidad del producto: Evaluar la efectividad de los humedales en el tratamiento del agua y su integración con el entorno natural.

Simulación de Posibles Ajustes

Una vez que se han analizado los datos históricos, es importante tener en cuenta posibles ajustes en el ciclo productivo. Esto puede incluir:

Cambios en los procesos de construcción: Evaluar la implementación de técnicas más eficientes que reduzcan los tiempos de excavación y plantación.

Nuevas tecnologías: Considerar el uso de tecnologías de monitoreo que optimicen el control de calidad y el mantenimiento de los humedales.

Las simulaciones permitirán evaluar el impacto de estos ajustes en la eficiencia del ciclo productivo.

Análisis Crítico del Ciclo Productivo Actual

Para lograr mejoras sostenibles, es fundamental realizar un análisis del ciclo productivo actual del proyecto. Este análisis puede incluir:

Identificación de puntos fuertes y débiles: Reconocer las áreas donde el equipo ha tenido éxito, así como aquellas que presentan complicaciones.

Oportunidades de optimización: Evaluar si hay pasos repetitivos que se pueden eliminar o simplificar, así como prácticas que podrían implementarse para mejorar la eficiencia.

Al cuestionar rigurosamente el ciclo productivo actual, se pueden diseñar estrategias efectivas para implementar cambios significativos. Por ejemplo, mejorar la capacitación del personal en

técnicas de mantenimiento puede conducir a un ciclo de vida más prolongado y eficiente para el humedal.

Conclusiones

El proyecto de humedales artificiales en el Batallón de Mantenimiento de la Marina en Guaymaral no solo contribuirá a la mejora ambiental, sino que también servirá como modelo de gestión sostenible. A través de un ciclo productivo bien definido y el uso de herramientas adecuadas para el cálculo de duración, se puede asegurar una ejecución eficiente y efectiva del proyecto, alineada con los objetivos de conservación y sostenibilidad propuestos.

Por otra parte, evaluar la eficiencia del ciclo productivo en el proyecto de humedales artificiales es un proceso continuo que requiere la recopilación y análisis de datos, simulación de ajustes y un análisis crítico. Implementar mejoras basadas en esta evaluación no solo optimiza el tiempo y los recursos.

Capacidad Instalada

La capacidad para instalar humedales artificiales en Colombia dependerá de varios factores que pueden variar según la ubicación y las características específicas del proyecto. Estos factores incluyen el tipo de humedal, el tamaño de cada instalación, la tecnología utilizada, la disponibilidad de materiales y recursos, y las condiciones locales.

Aspectos a tener en cuenta:

Humedales de flujo superficial o subsuperficial: Pueden tener diferencias en la complejidad y tiempo de instalación. Un humedal más pequeño y sencillo puede instalarse más rápido que uno más grande y complejo.

Equipos de instalación: Si se cuenta con maquinaria o equipos adecuados y personal profesional y capacitado, es posible realizar varias instalaciones simultáneamente.

Proyectos pequeños (hasta 500 m²): Pueden instalarse en un plazo de 2 a 3 semanas, dependiendo de las condiciones locales y la disponibilidad de materiales.

Proyectos medianos (500 m² a 2,000 m²): Podrían tomar entre 1 a 2 meses por instalación.

Proyectos grandes (más de 2,000 m²): Podrían extenderse varios meses, dependiendo de la complejidad del diseño y los recursos disponibles

Instalaciones pequeñas a medianas: Un equipo de producción bien organizado podría instalar entre 2 y 4 humedales por mes, dependiendo de los factores anteriores.

Instalaciones grandes: Tal vez se podría instalar solo 1 humedal grande cada 1-2 meses.

La velocidad de instalación también depende de la ubicación geográfica (zonas rurales o urbanas), la época del año (lluvias u otras condiciones climáticas), y las aprobaciones legales o permisos ambientales necesarios

Se debe tener en cuenta que la disponibilidad de materiales, personal profesional, equipos u herramientas son esenciales para determinar el tiempo de construcción.

Los materiales fundamentales incluyen geomembranas o geotextiles, utilizados para impermeabilizar el suelo; grava y arena como medios filtrantes; plantas adecuadas para la filtración biológica; y tuberías y bombas para la distribución y circulación del agua. En cuanto a los profesionales, son necesarios ingenieros ambientales y civiles para el diseño, biólogos o ecólogos para la selección de plantas y mantenimiento del equilibrio ecológico, y constructores especializados para la instalación física. Para el movimiento de tierra y la colocación de materiales, se utilizan excavadoras, compactadoras y camiones de volteo, junto con herramientas manuales como palas y picos. Asimismo, se requieren cortadoras de geomembrana, niveladoras y medidores de pH y flujo para garantizar la precisión en la

instalación. Adicionalmente, se necesita contar con los permisos ambientales correspondientes y personal capacitado para el mantenimiento y monitoreo del sistema. Estos elementos trabajan en conjunto para asegurar que el humedal artificial cumpla con los objetivos de tratamiento de aguas de manera eficiente y sostenible.

Proceso de Control de Calidad

En el contexto actual, la calidad de los proyectos de infraestructura ambiental es fundamental para garantizar su eficacia y sostenibilidad. Este proyecto se centra en el diseño y construcción de un humedal artificial destinado al tratamiento de aguas residuales en el Batallón de Mantenimiento de la Marina, ubicado en Guaymaral. A través de la comprensión y aplicación de los principios y metodologías del control de calidad, se busca asegurar que el humedal cumpla con los estándares establecidos en la normativa correspondiente, beneficiando tanto al medio ambiente como a la comunidad ya que la ausencia de un tratamiento está trayendo consigo afectaciones a las fuentes hídricas donde se depositan estas aguas contaminadas, además es una problemática que presentan las diferentes construcciones cercanas a el batallón.

Principios del Control de Calidad en el Proyecto Humedal Artificial

Estos principios no solo garantizan que el humedal cumpla con las especificaciones técnicas necesarias, sino que también aseguran que el proyecto responda a las necesidades de la comunidad y del medio ambiente.

Enfoque en el Cliente: La satisfacción de las necesidades de la comunidad y las personas pertenecientes al batallón de la Marina es prioritaria. El humedal debe garantizar un tratamiento eficaz de las aguas residuales, mejorando la calidad del agua que regresa al entorno, con ello evitando malos olores en el mismo.

Liderazgo: La alta dirección del batallón debe poner de su parte y comprometerse con la calidad del proyecto y posterior a su construcción hacer una revisión frecuente para un buen funcionamiento a corto, mediano y largo plazo, teniendo en cuenta recomendaciones y capacitaciones al personal, promoviendo un ambiente óptimo para la implementación del control de calidad durante todas las fases.

Participación del Personal: Todos los miembros del batallón, más enfocado en el personal de mantenimiento con conocimientos en áreas de construcción y relacionadas, deben involucrarse activamente en el cuidado del humedal, asumiendo la responsabilidad de la calidad control llevado a cabo con las indicaciones correspondientes y teniendo en cuenta el manual proporcionado.

Enfoque Basado en Procesos: Es esencial identificar y gestionar los procesos clave, desde la selección de plantas adecuadas hasta la construcción del sistema, asegurando que cada etapa contribuya a la calidad del humedal.

Mejora Continua: Se establecerán mecanismos de retroalimentación y evaluación para implementar acciones correctivas y preventivas dependiendo las posibles dificultades presentadas en todas las etapas del proyecto, asegurando la sostenibilidad del humedal a largo plazo.

Metodologías de Control de Calidad Aplicadas

La implementación de metodologías de control de calidad en el proyecto del humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales en el Batallón de Mantenimiento de la Marina en Guaymaral es importante para asegurar su efectividad y sostenibilidad. Estas metodologías proporcionan un enfoque desde el monitoreo de la construcción y la inspección de materiales hasta la evaluación del funcionamiento del humedal.

Monitoreo de Construcción:

Revisiones Periódicas: Se llevarán a cabo inspecciones programadas en cada fase de la construcción. Esto incluye verificar la correcta instalación de componentes, como los sistemas de drenaje y las áreas de plantación.

Documentación: Se mantendrá un registro detallado de cada revisión, incluyendo cualquier complicación observada y las acciones correctivas implementada en dado caso de ser necesarias.

Inspección de Materiales:

Evaluación de Proveedores: Antes de la compra, se realizarán auditorías a los proveedores de materiales para asegurar que cumplen con las especificaciones de calidad requeridas.

Pruebas de Calidad: Se realizarán pruebas debidas para analizar la calidad de los materiales, el suelo y las plantas, garantizando que sean apropiados para el funcionamiento del humedal.

Evaluación de Funcionamiento:

Monitoreo de Parámetros de Agua: Una vez en operación, se pretende implementar un sistema de monitoreo continuo que medirá parámetros clave del agua tratada, como la cantidad, el pH y la concentración en el agua.

Informes de Desempeño: Se elaborarán informes mensuales que evaluarán la efectividad del humedal, permitiendo ajustes basados en datos concretos.

Recopilación de Retroalimentación:

Encuestas y Reuniones: Se organizarán encuestas y reuniones regulares con el personal del batallón y la comunidad para recoger opiniones sobre el rendimiento del humedal y sugerencias de mejora.

Sistema de Sugerencias: Se establecerá un buzón de sugerencias que permitirá a los usuarios aportar comentarios de forma anónima, garantizando la constante de retroalimentación.

Capacitación del Personal:

Talleres de Formación: Se realizarán talleres para capacitar al personal sobre los principios de control de calidad y el funcionamiento del humedal. Esto incluirá la identificación de problemas y el manejo de herramientas de calidad.

Manual de Operación y Mantenimiento: Se desarrollará un manual que detalla los procedimientos de operación y mantenimiento del humedal, sirviendo como guía para el personal encargado.

Etapas Clave del Proceso de Control de Calidad

El proceso de control de calidad es fundamental para garantizar que el humedal artificial, diseñado para el tratamiento de aguas residuales en el Batallón de Mantenimiento de la Marina en Guaymaral, cumpla con los estándares de calidad establecidos. Este proceso se compone de varias etapas clave que abarcan desde la evaluación de la materia prima hasta la inspección del producto terminado. Cada etapa contribuye de manera integral a asegurar que los materiales, los procedimientos y el funcionamiento del humedal se alineen con los objetivos del proyecto. Al seguir estas etapas, se garantiza no solo la efectividad del sistema de tratamiento, sino también su sostenibilidad a largo plazo, para con ello tener una gestión ambiental responsable.

Evaluación de Materia Prima: Se llevará a cabo una rigurosa evaluación de los materiales utilizados en la construcción del humedal, asegurando que cumplen con los estándares de calidad y normativa correspondiente.

Control de Procesos: Durante la construcción, se monitorearán los procedimientos para garantizar que se sigan las especificaciones diseñadas y se realicen los ajustes necesarios.

Inspección del Producto Terminado: Una vez construido, se realizará una inspección exhaustiva del humedal para asegurar que cumple con los requisitos establecidos de diseño y funcionalidad.

Retroalimentación del Cliente: Se recopilarán comentarios de los usuarios y vecinos sobre la efectividad del humedal, utilizando esta información para realizar mejoras continuas en su operación.

Conclusiones

La implementación de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales en el Batallón de Mantenimiento de la Marina en Guaymaral representa una solución innovadora y sostenible para la gestión de recursos hídricos. Este proyecto no solo busca mejorar la calidad del agua, sino que también promueve la responsabilidad ambiental dentro de la comunidad militar y su entorno.

La aplicación de metodologías de control de calidad es fundamental para garantizar el éxito del proyecto. A través del monitoreo de construcción, se asegura que cada fase del proceso se realice según las especificaciones, lo que minimiza errores y optimiza recursos. La inspección de materiales garantiza que se utilicen insumos adecuados, contribuyendo a la durabilidad y eficacia del humedal.

Una vez en operación, la evaluación del funcionamiento mediante el monitoreo de parámetros de agua permite ajustar el sistema de acuerdo a datos objetivos, promoviendo una cultura de mejora continua. La recopilación de retroalimentación de usuarios y la capacitación del personal

son esenciales para fomentar la participación activa y la responsabilidad compartida en la gestión del humedal.

En conjunto, estas metodologías no solo aseguran la conformidad con los estándares de calidad, sino que también establecen un modelo replicable para futuras iniciativas de tratamiento de aguas residuales. Este enfoque integral contribuye a la protección del medio ambiente, mejora la calidad del agua y, en última instancia, promueve el bienestar de la comunidad. Al combinar sostenibilidad y control de calidad, este proyecto se convierte en un referente para otras instituciones y proyectos ambientales.

Proceso de Seguridad Industrial

El proceso de seguridad industrial implica la implementación de medidas rigurosas para proteger a los trabajadores, el entorno y la infraestructura en todas las fases del proyecto, desde la construcción hasta la operación y mantenimiento. El primer paso es la identificación de peligros y la evaluación de riesgos, donde se realiza un análisis exhaustivo de los posibles peligros físicos, químicos y biológicos relacionados con el tratamiento de aguas residuales. Es fundamental el monitoreo constante de los contaminantes presentes, así como la identificación de riesgos de exposición a microorganismos patógenos.

Durante la fase de construcción, el uso de equipo de protección personal (EPP) es esencial. Los trabajadores deben utilizar cascos, guantes, gafas protectoras, botas de seguridad y vestimenta adecuada para evitar lesiones por caídas, cortes o la exposición a sustancias peligrosas. Además, es necesario que el personal reciba capacitación en seguridad industrial, tanto en el uso de maquinaria pesada como en los procedimientos de emergencia. La señalización adecuada del

área de trabajo, con indicaciones claras de las zonas de riesgo y acceso restringido, también es parte crucial de las medidas de seguridad en esta etapa.

En la fase de operación y mantenimiento del humedal, el uso continuo de EPP por parte de los operarios es obligatorio, incluyendo guantes, máscaras y protección ocular al realizar labores de limpieza o mantenimiento de los filtros y tuberías. Es importante minimizar los riesgos biológicos mediante un control riguroso de la exposición a patógenos, utilizando barreras físicas como trajes impermeables. En cuanto al manejo de productos químicos, se debe asegurar que todo el personal siga las directrices de seguridad correspondientes, almacenando y manipulando estos materiales de manera segura para evitar accidentes.

El monitoreo ambiental es otro pilar fundamental del proceso de seguridad. Se debe realizar una inspección regular del sistema para controlar posibles fugas o derrames que puedan contaminar el suelo o las fuentes de agua cercanas. La correcta gestión de los residuos, como los lodos generados durante la operación, debe seguir estrictamente las normativas locales para evitar daños ambientales. Para hacer frente a emergencias, es necesario contar con un plan de contingencia que cubra escenarios como derrames o fallos del sistema, así como realizar simulacros periódicos para preparar al personal en la respuesta adecuada ante incidentes.

Finalmente, el cumplimiento de la normativa es esencial. Todas las actividades relacionadas con la construcción y operación del humedal deben ajustarse a las regulaciones de seguridad industrial y ambiental aplicables. Para garantizar este cumplimiento, es importante realizar auditorías periódicas que aseguren que las medidas de seguridad están siendo implementadas y mantenidas de forma efectiva.]

Puesta en Marcha, en Obra o en el Mercado

La implementación de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales mediante flujo subsuperficial vertical es un enfoque sostenible y eficiente que utiliza plantas nativas para mejorar la calidad del agua. Para garantizar el éxito de este proyecto, es fundamental seguir una serie de principios y procedimientos durante su puesta en marcha, estos serán mencionados a continuación:

Principios Fundamentales

La creciente necesidad de gestionar y tratar aguas residuales de manera sostenible ha llevado a la implementación de soluciones innovadoras, como los humedales artificiales. Estos ecosistemas construidos no solo contribuyen a la purificación del agua, sino que también promueven la biodiversidad y la conservación del medio ambiente. Para garantizar su efectividad y funcionamiento al pasar el tiempo, es importante seguir un conjunto de principios fundamentales durante la fase de puesta en marcha. Estos principios guían el proceso desde la planificación inicial hasta la operación continua, asegurando que cada etapa se ejecute con precisión y que el humedal funcione de manera óptima. En este contexto, la planificación detallada, el cumplimiento normativo, la gestión eficiente de recursos, el control de calidad, la comunicación efectiva y la evaluación continua son pilares esenciales que garantizan el éxito de este tipo de proyectos.

Planificación Detallada: Antes de iniciar el proyecto, se debe realizar una planificación detallada y organizada que incluya la definición de objetivos claros, como la reducción de contaminantes en el agua y la creación de un ecosistema viable teniendo en cuenta los parámetros de cada proyecto. Esto implica un análisis de los recursos necesarios, como el

espacio, las especies vegetales nativas a utilizar y los plazos de ejecución adecuados para una correcta gestión a corto, mediano y largo plazo.

Cumplimiento Normativo: Es importante conocer y cumplir con las normativas ambientales y de construcción relacionadas con la creación de humedales artificiales tanto nacionales como internacionales para una correcta estructuración de la normativa. Esto no solo asegura la legalidad del proyecto, sino que también garantiza que se adopten prácticas que protejan el entorno local.

Gestión de Recursos: La asignación eficiente de recursos humanos y materiales es clave para el éxito del proyecto. Esto incluye la formación de un equipo multidisciplinario que comprenda ingenieros y mano de obra especializada, así como la utilización de materiales adecuados y sostenibles, teniendo en cuenta cada anteproyecto y estudios previos.

Control de Calidad: Implementar un sistema de control de calidad en todas las etapas del proyecto es crucial como se ha mencionado anteriormente. Esto implica supervisar la instalación de los componentes del humedal, así como la selección y el mantenimiento de las plantas nativas, asegurando que todas las actividades se realicen conforme a las especificaciones técnicas proporcionadas.

Procedimientos para la Puesta en Marcha

Seguimiento de Cronograma: Es de gran importancia mantener un seguimiento riguroso del cronograma de actividades, desde la preparación del terreno hasta la instalación del sistema de riego y la plantación. Esto ayudará a cumplir con los plazos establecidos y a evitar retrasos que puedan afectar el funcionamiento del humedal, esto en todas las etapas dándole una importancia igualitaria a todas.

Comunicación Efectiva: Establecer canales de comunicación claros con todos los implicados, incluidos los organismos reguladores y la comunidad, facilitará la coordinación y permitirá tener un plan de manejo ante cualquier problema de manera oportuna y correcta sin tener afectaciones graves.

Evaluación de Resultados: Una vez instalado el humedal, realizar evaluaciones periódicas de la calidad del agua tratada y del crecimiento de las plantas permitirá identificar desviaciones y ajustar las estrategias de manejo si es necesario esto al plazo indicado según el manual de mantenimiento.

Análisis de Mercado y Sensibilización: Considerar un análisis del contexto local y las necesidades de la comunidad para ayudar a fomentar la aceptación del proyecto. Realizar talleres de sensibilización sobre los beneficios del humedal artificial puede aumentar la participación y el apoyo de la comunidad, teniendo en cuenta que los mismos posiblemente se encarguen del mantenimiento del mismo.

Implementación en Entornos Controlados

Para preparar el entorno tanto a la comunidad como a los encargados de ejecución, se puede desarrollar un proyecto simulado en un entorno controlado que replique las condiciones del humedal. Esto permitirá practicar la planificación, la gestión de recursos y la implementación de normativas, enfrentándose a situaciones prácticas y reales teniendo en cuenta aspectos como:

1. Diseño del Humedal

La fase de diseño es crucial para asegurar que el humedal cumpla con sus objetivos de tratamiento:

Estudio de Viabilidad: Evaluar las características del sitio, como la topografía, el tipo de suelo y la disponibilidad de agua. Esto ayuda a determinar la ubicación óptima y el tamaño del humedal.

Selección de Especies: Elegir plantas nativas que sean efectivas en la absorción de nutrientes y contaminantes. La diversidad de especies contribuye a la estabilidad del ecosistema.

Diseño del Sistema: Planificar el flujo del agua (subsuperficial vertical) y el medio filtrante (grava, arena). Definir las dimensiones y la configuración del humedal para maximizar su eficiencia en el tratamiento.

2. Construcción del Humedal

La construcción es la etapa en la que se implementa el diseño:

-Preparación del Terreno: Limpiar y nivelar el área designada, asegurando que esté lista para la instalación de los componentes del humedal.

-Instalación de Sistemas: Construir las capas del humedal, incluyendo el sistema de drenaje y el medio filtrante. Esto implica colocar grava y arena para permitir el flujo adecuado del agua.

-Plantación: Introducir las plantas nativas en sus posiciones designadas. Asegurarse de que se distribuyan correctamente para fomentar el crecimiento y la eficacia en el tratamiento de aguas.

3. Mantenimiento del Humedal

El mantenimiento regular es fundamental para garantizar el funcionamiento continuo del humedal:

-Monitoreo de la Calidad del Agua: Realizar pruebas periódicas para evaluar la efectividad del tratamiento. Esto incluye la medición de parámetros como la concentración de nutrientes y contaminantes.

-Cuidado de las Plantas: Supervisar el crecimiento de las especies vegetales, asegurando que estén sanas y en buen estado. Esto puede incluir la poda, la replantación y la eliminación de especies invasoras.

-Limpieza y Reparaciones: Mantener el sistema libre de obstrucciones y realizar reparaciones según sea necesario. La limpieza del medio filtrante y la revisión de los sistemas de drenaje son vitales para el buen funcionamiento del humedal.

La implementación de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales requiere un enfoque metódico en las etapas de diseño, construcción y mantenimiento. Al seguir estas fases de manera rigurosa, se asegura no solo la eficiencia del tratamiento, sino también la sostenibilidad y el bienestar del ecosistema local.

Conclusiones

La implementación de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales es una solución sostenible que combina un diseño cuidadoso, cumplimiento normativo y gestión eficiente de recursos. A través de una planificación detallada y la selección de plantas nativas, el humedal se integra eficazmente en su entorno. La comunicación efectiva y la evaluación continua aseguran su óptimo funcionamiento y adaptabilidad. En definitiva, este proyecto no solo aborda la gestión del agua, sino que también promueve la sostenibilidad ambiental y el bienestar comunitario.

La puesta en marcha de un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales requiere una planificación rigurosa, una adecuada gestión de recursos y un seguimiento constante para asegurar su eficacia. Al entender y aplicar los principios y procedimientos adecuados

Materias Primas e Insumos

Materiales de construcción: grava, arena, rocas, piedras, revestimientos con geomembrana de polietileno, arcilla compactada, para estructura de contención muros y bordes, sistema de tubería PVC, canales de entrada y salida.

Vegetación: Carrizo, caña común, junco, etc

Herramientas y equipos: máquinas excavadoras, retroexcavadoras y niveladoras para preparar el terreno. Herramientas manuales; palas, rastrillos y otras herramientas para el trabajo manual en la instalación y mantenimiento.

Insumos para el mantenimiento: Fertilizantes orgánicos, material para control de plagas, equipos de monitoreo.

Pruebas y Ensayos

- Análisis Granulométrico para determinar la distribución de tamaños de partículas en el sustrato (arena, grava) para asegurar una buena porosidad y permeabilidad.
- Prueba de Permeabilidad para evaluar la capacidad del sustrato para permitir el paso del agua.
- Análisis de aguas residuales para caracterizar el agua residual que ingresará al humedal para diseñar adecuadamente el sistema.
- Monitoreo de eficiencia del tratamiento, evaluando la eficiencia del humedal en la remoción de contaminantes.
- Pruebas hidráulicas: ensayo de retención hidráulica, prueba de distribución de flujo.



Ilustración 21 Agua con colorante



Ilustración 20 Toma de muestras

Tecnología Herramientas, Equipos y Maquinaria

Se requiere una combinación de herramientas, equipos y maquinaria adecuados para cada etapa del proceso de diseño, construcción y mantenimiento.

Herramientas manuales básicas: Martillos, sierras, taladros, llaves, destornilladores, entre otros, son esenciales para trabajos de carpintería, montaje de estructuras y fijación de componentes.

Equipo de excavación: Excavadoras, retroexcavadoras o miniexcavadoras son necesarias para excavar el área donde se ubicará el humedal y para crear las diferentes capas del sistema de filtración.

Maquinaria de nivelación: Niveladoras y compactadoras son útiles para nivelar el terreno y compactar las capas de grava y suelo en el humedal.

Equipos de transporte: Camiones para transportar materiales como grava, arena, piedras y plantas hasta el sitio de construcción.

Equipos de medición y topografía: Niveladores láser, cintas métricas, GPS, entre otros, son esenciales para medir y marcar el área del humedal, así como para garantizar la nivelación adecuada del terreno.

Bombas y sistemas de recirculación: Si se planea recircular el agua a través del humedal o para mantener un nivel de agua constante, pueden ser necesarias bombas sumergibles u otros sistemas de recirculación.

Equipos de seguridad personal: Equipo de protección personal (EPP) como cascos, gafas de seguridad, guantes y botas de trabajo para los trabajadores que estén realizando la construcción del humedal.

Equipos de riego: Si se planea regar las plantas del humedal durante el período de establecimiento o en caso de sequías, se necesitarán sistemas de riego adecuados.

Herramientas de jardinería: Palas, rastrillos, regaderas, entre otros, para el mantenimiento y cuidado de las plantas del humedal una vez que esté establecido.

Necesidades y Requerimientos

Pruebas Piloto, Secuencia de Uso, Planes de Manejo

Diseño y Configuración de la Prueba Piloto

- Escala Reducida: El humedal piloto debe ser representativo del sistema a gran escala, pero en una versión más pequeña y manejable.
- Selección del Sitio: Elegir un sitio que tenga condiciones similares a las del lugar de la instalación final.

- Configuración del Sistema: Incluye la instalación de sustrato, plantas acuáticas y sistemas de tuberías adecuados para el flujo de agua.

Parámetros de Monitoreo

- Calidad del Agua: Medición de DBO, DQO, sólidos suspendidos, nutrientes, metales pesados y patógenos.
- Flujo Hidráulico: Monitoreo del tiempo de retención hidráulica y distribución del flujo.
- Crecimiento de Vegetación: Evaluación del establecimiento y crecimiento de las plantas acuáticas.

Evaluación y Ajustes

- Análisis de Datos: Comparación de la calidad del agua de entrada y salida, eficiencia en la eliminación de contaminantes, y rendimiento hidráulico.
- Ajustes de Diseño: Basado en los resultados, se pueden hacer ajustes en el diseño del humedal antes de la implementación a gran escala.

Secuencia de Uso

- Planificación y diseño: Análisis del terreno y selección del sitio adecuado, Determinación de las dimensiones, selección de materiales y plantas, y diseño del sistema de flujo.
- Construcción: Preparación del terreno, instalación del revestimiento, construcción del lecho con capas de grava, arena y otros medios porosos, instalación de tuberías, introducción de plantas.
- Operación inicial: poner en funcionamiento y monitoreo inicial
- Operación continua: monitoreo regular y mantenimiento.

Planes de manejo

- Mantenimiento de la vegetación
- Gestión de sedimentos
- Monitoreo de calidad del agua
- Mantenimiento de infraestructura
- Gestión de emergencias

Sistema de Presentación, Empaque y Embalaje

El sistema de tratamiento de agua residual utilizando un humedal artificial permitiría beneficios tanto a corto como a largo plazo entre ellos el más importante es la protección del medio ambiente ya que ayuda a prevenir la contaminación de ríos, lagos, y aguas subterráneas al eliminar o reducir los contaminantes antes de que el agua tratada sea devuelta al medio ambiente, además del mejoramiento de la salud al tratar las aguas residuales antes de su liberación, se reducen los riesgos asociados con la exposición a contaminantes y patógenos presentes en el agua, esto ayuda a prevenir enfermedades transmitidas por el agua y protege la salud.

El modelo 3d permite la visualización del sistema adaptado a la propuesta con las necesidades requeridas por el cliente además de un manual de procesos preventivos y de mantenimiento con el fin de la integración con el proceso ya existente para maximizar la eficiencia y con ello los resultados.

Como empresa dedicada a la consultoría para el tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales, se considera el empaque para los productos sustitutos que ofrecemos, teniendo en cuenta la importancia de transmitir la calidad, eficiencia y sostenibilidad del proceso. Por ello, optaríamos por un empaque que refleje la naturaleza ecológica de su enfoque,

utilizando materiales reciclables o biodegradables. Además, se buscaría asegurar que el empaque incluya información educativa sobre los beneficios ambientales de los humedales artificiales y cómo sus piezas contribuyen a su funcionamiento. Esta estrategia con el fin de diferenciarse de la competencia y educar al mercado sobre la importancia de utilizar soluciones sostenibles para el tratamiento de aguas residuales. Al igual se manejará de manera virtual el catálogo, manuales de mantenimiento e instructivos y demás material fundamental para el correcto funcionamiento de los servicios que se ofrecen.

Costos

Precios Unitarios

Tabla 5 Precios Unitarios Humedal Batallón

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor Total
Excavación Mecánica	m ³	138,6	\$ 6.000	\$ 831.600
Preparación del terreno	m ²	126	\$ 3.000	\$ 378.000
Sustrato	m ³	90	\$ 140.000	\$ 12.600.000
Instalación de tuberías	m	362	\$ 33.894	\$ 12.269.628
Plantas	un	180	\$ 16.000	\$ 2.880.000
Mantenimiento Inicial	m ²	125	\$ 7.000	\$ 882.000
Geomembrana	m ²	125	\$ 10.000	\$ 1.260.000
Otros costos	m ²			\$ 1.028.772
Total				\$ 32.130.000

Fuente: Elaboración Propia

Costos Globales de Producción

Estimación de costos por m²

Un cálculo estimado del costo por metro cuadrado de instalación, tomando el área de 126 m² y un volumen de 138,6 m³ de humedal artificial:

Total, estimado: \$ 32.130.000

Valor por m²: 255.000

Este es un costo estimado general para la instalación de un humedal artificial de flujo subsuperficial vertical. Este presupuesto se debe ajustar de acuerdo con la localización, tipo de material, precio de la mano de obra local, así como las condiciones del terreno y las especificaciones técnicas del proyecto. En este caso es importante tener en cuenta que la mano de obra será prestada por parte del Batallón.

Valor Comercial del Producto

Partiendo del costo estimado de COP **\$255,000/m²**, sumaremos un margen de utilidad y los costos indirectos:

1. **Costo base (m²):** COP **\$255,000**
2. **Margen de utilidad:** Suponiendo un margen del **30%** sobre el costo base:

$$255,000 \times 1.30 = \text{COP } 331,500$$
3. **Costos indirectos:** Si calculamos un **10% adicional** para cubrir costos operativos:

$$331,500 \times 1.10 = \text{COP } 364,650$$
4. **Impuestos (IVA del 19%):**

$$364,650 \times 1.19 = \text{COP } 433,933 / \text{m}^2$$

Valor comercial estimado: COP \$433,933 / m²

Total Valor Comercial: 54.675.621

Este sería el valor comercial final del producto considerando un margen del 30%, costos indirectos del 10%, e IVA del 19%.

Análisis y Aplicación de la Legislación Vigente

Decreto 3930 de 2010 (Uso, manejo y aprovechamiento de los recursos hídricos):

- Este decreto regula el uso del agua, los vertimientos y la calidad de las aguas residuales tratadas. Aunque no menciona específicamente a los humedales artificiales, sí establece los requisitos para los sistemas de tratamiento que los incluyen. Define los permisos necesarios para realizar vertimientos de aguas residuales tratadas y los parámetros que deben cumplir.

Resolución 0631 de 2015 (Límites de vertimientos de aguas residuales):

- Establece los límites máximos permisibles de vertimientos para las aguas residuales que son tratadas y descargadas en cuerpos de agua o en sistemas de alcantarillado. Los humedales artificiales, al ser un sistema de tratamiento, deben asegurarse de que el agua tratada cumpla con estos límites antes de ser vertida. Los parámetros incluyen contaminantes como demanda biológica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales, aceites, grasas, entre otros.

Ley 99 de 1993 (Protección ambiental y licencias):

- Esta ley establece que cualquier proyecto que pueda tener un impacto sobre el medio ambiente debe obtener una licencia ambiental. Los humedales artificiales que se instalen a escala industrial o en áreas sensibles pueden requerir una evaluación de impacto ambiental y la correspondiente licencia ambiental emitida por las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) o el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Decreto 1076 de 2015 (Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible):

- Este decreto compila y regula múltiples aspectos ambientales, incluidos los relacionados con la protección de recursos hídricos y la gestión de vertimientos. Es aplicable a proyectos que incluyen sistemas de tratamiento de aguas como los humedales artificiales.

Normas técnicas colombianas (NTC):

- Aunque no hay una norma técnica específica para los humedales artificiales, los proyectos que involucren estos sistemas deben cumplir con las normas técnicas generales para la construcción, operación y mantenimiento de sistemas de tratamiento de aguas residuales. La implementación de estas normas garantiza que los humedales artificiales sean seguros y efectivos en el tratamiento del agua.

Permisos de vertimiento y uso del agua:

- Los humedales artificiales requieren un permiso de vertimiento si las aguas tratadas van a ser descargadas en cuerpos de agua naturales o sistemas de alcantarillado público, y un permiso de uso del agua si el proyecto utiliza agua de una fuente natural para su funcionamiento. Estos permisos son otorgados por las autoridades ambientales locales (CAR).

Protección Intelectual e Industrial del Producto o Servicio

La protección intelectual e industrial de los productos y servicios de Hidroeco Consultoría es fundamental para salvaguardar su innovación y competitividad en el mercado del tratamiento de aguas residuales. A través de patentes, marcas, diseños industriales, derechos de autor y secretos comerciales, Hidroeco puede proteger sus tecnologías avanzadas y mantener su ventaja

competitiva frente a los competidores. Además, la protección de su propiedad intelectual permitirá a la empresa garantizar la exclusividad de sus soluciones, fomentar la innovación continua y crear nuevas oportunidades de negocio en un mercado en constante crecimiento, como el de Cundinamarca, que está orientado hacia la sostenibilidad y la mejora de la calidad del agua.

Conclusiones

De la Investigación del Producto o Servicio

Alta Demanda de Soluciones Sostenibles

Creciente necesidad de tecnologías ecológicas en el tratamiento de aguas residuales, impulsada por proyectos de urbanización sostenible y saneamiento básico en Cundinamarca.

Propuesta Innovadora y Diferenciada

Hidroeco Consultoría se destaca por su humedal artificial, una solución ecológica y eficiente para el tratamiento de aguas, con un enfoque natural que contribuye a la recuperación del recurso hídrico.

Segmentación del Mercado Objetivo

El mercado está segmentado en empresas de saneamiento básico, entidades públicas y proyectos de urbanización sostenible en Cundinamarca, principalmente en la sabana centro y occidente zonas donde se identificó la problemática.

Desafíos Competitivos

El enfoque sostenible de Hidroeco es viable a largo plazo, alineado con las tendencias globales hacia la sostenibilidad ambiental y la gestión eficiente del agua. Las soluciones tienen costos operativos bajos y son rentables a largo plazo.

-Recomendaciones Estratégicas

Protección intelectual: Patentar las tecnologías innovadoras para mantener la exclusividad.

Diversificación de servicios: Incorporar tecnologías avanzadas para ampliar el portafolio.

Fortalecimiento de presencia de marca: Aumentar la visibilidad mediante marketing enfocado en los valores ecológicos y beneficios sostenibles.

Monitoreo constante: Implementar sistemas de evaluación continua para asegurar la calidad del tratamiento y ajustar la oferta según las demandas del mercado.

Conclusión General

El proyecto de diseño e implementación de un humedal artificial subsuperficial de flujo vertical para el tratamiento de aguas residuales en el batallón presenta una solución técnica eficiente y sostenible ante la problemática del manejo de aguas residuales en este entorno. A través de la investigación y el análisis preliminar, se han cumplido los objetivos propuestos en un 90%, avanzando en la elaboración del diseño preliminar, la evaluación de la viabilidad técnica y económica, así como en la determinación de la efectividad del humedal para reducir la carga contaminante del agua residual. Sin embargo, el proyecto aún se encuentra en fase de desarrollo, ya que se requieren datos adicionales específicos de ingeniería civil y ambiental para finalizar los planos constructivos y proceder con la construcción del humedal.

Glosario de Términos y Vocabulario en español

Tabla 6 Glosario Español

Termino	Definición
Humedal artificial	Ecosistema creado por el ser humano, diseñado para tratar aguas residuales mediante la simulación de procesos naturales de depuración, utilizando plantas y sustratos para remover contaminantes del agua.

Tratamiento de aguas residuales	Proceso mediante el cual se elimina o reduce la carga contaminante de las aguas residuales, mejorando su calidad antes de ser descargadas en cuerpos de agua o reutilizadas.
Flujo sub-superficial vertical	Tipo de flujo de agua en humedales artificiales, donde el agua pasa verticalmente a través de un sustrato antes de llegar a un colector.
Contaminantes	Sustancias o elementos que, al ser liberados en el medio ambiente, causan efectos negativos sobre la salud humana, la fauna, la flora o los ecosistemas.
Sustrato	Material poroso que se coloca en los humedales artificiales para proporcionar soporte a las plantas y servir como medio para la filtración y depuración del agua.
Vegetación	Conjunto de plantas que crecen en un determinado lugar, que en el caso de los humedales artificiales ayudan en el proceso de filtración y depuración de aguas residuales.
Sistemas hidráulicos	Conjunto de componentes interconectados (tuberías, bombas, tanques, etc.) que permiten el transporte, almacenamiento y tratamiento de agua.
Retención hidráulica	Tiempo que tarda el agua en pasar a través de un sistema, como un humedal artificial, lo que permite que los contaminantes sean removidos por los procesos naturales.
Monitoreo de calidad del agua	Proceso de medición y evaluación de parámetros del agua (como el pH, la turbidez, la concentración de contaminantes) para asegurar que cumple con los estándares de calidad requeridos.
Proceso de depuración	Conjunto de técnicas y procesos utilizados para eliminar contaminantes del agua, mejorando su calidad antes de su vertido o reutilización.
Efluente	Agua tratada o no tratada que se descarga de un sistema, como una planta de tratamiento de aguas residuales o un humedal artificial.

Infiltración	Proceso por el cual el agua se filtra o penetra en el suelo o en un sustrato, permitiendo su absorción y purificación
Descomposición biológica	Proceso mediante el cual organismos vivos, como bacterias o hongos, descomponen materia orgánica, liberando nutrientes y eliminando contaminantes del agua.
Revestimiento impermeable	Capa que se coloca para evitar que el agua se infiltre en áreas donde no se desea.
Carga contaminante	Cantidad de contaminantes presentes en el agua que deben ser eliminados o reducidos en un proceso de tratamiento.
Erosión del suelo	Desgaste o desgaste del suelo causado por factores como el agua o el viento, que puede afectar la estabilidad y la calidad del suelo.

Fuente: Elaboración Propia

Glosario y Términos y Vocabulario en inglés

Tabla 7 Glosario Inglés

Term	Definition
Artificial wetland	An ecosystem created by humans designed to treat wastewater by simulating natural purification processes, using plants and substrates to remove contaminants from the water.
Wastewater treatment	The process of removing or reducing the contaminant load in wastewater, improving its quality before being discharged into water bodies or reused.
Vertical subsurface flow	A type of water flow in artificial wetlands, where water flows vertically through a substrate before reaching a collector.
Pollutants	Substances or elements that, when released into the environment, cause negative effects on human health, wildlife, plants, or ecosystems.

Substrate	A porous material placed in artificial wetlands to provide support for plants and serve as a medium for water filtration and purification.
Vegetation	The collective plants that grow in a specific area, which in the case of artificial wetlands help in the filtration and purification of wastewater.
Hydraulic systems	A set of interconnected components (pipes, pumps, tanks, etc.) that allow the transport, storage, and treatment of water
Hydraulic retention	The amount of time it takes for water to pass through a system, such as an artificial wetland, allowing contaminants to be removed through natural processes.
Water quality monitoring	The process of measuring and evaluating water parameters (such as pH, turbidity, and contaminant concentrations) to ensure it meets required quality standards.
Purification process	A set of techniques and processes used to remove contaminants from water, improving its quality before discharge or reuse.
Effluent	Treated or untreated water discharged from a system, such as a wastewater treatment plant or an artificial wetland.
Infiltration	The process by which water filters or penetrates the soil or substrate, allowing for absorption and purification.
Biological decomposition	The process by which living organisms, such as bacteria or fungi, break down organic matter, releasing nutrients and eliminating contaminants from the water
Impermeable lining	A layer placed to prevent water from infiltrating areas where it is not desired, such as in the beds of artificial wetlands.
Contaminant load	The amount of contaminants present in water that must be removed or reduced during treatment.
Soil erosion	The wear or degradation of soil caused by factors such as water or wind, which can affect soil stability and quality.

Fuente: Elaboración Propia

Bibliografía

- ASI Ambiente y Soluciones Integrales . (2024). *ASI Ambiente y Soluciones Integrales* .
<https://tratamientodeaguas.com.co/ambiente-y-soluciones-integrales/>
- Corpocaldas. (2023). *Corpocaldas. Informe de Gestión* :
https://corpocaldas2022.blob.core.windows.net/webadmin/file_Informede_TIKhZqdh.pdf
- CRQ. (2020). Plan de Acción Institucional 2020 -2023. *Plan de Acción Institucional 2020 - 2023*. Colombia .
- Génesis . (28 de Marzo de 2019). *Génesis* . Ingeniería y Medio Ambiente:
<https://aguagenesis.com/portfolio-item/asesoramiento-legal-ambiental/>
- Madrid Blogs. (22 de Diciembre de 2010). *Madrid Blogs*. Tecnologías Ssostenibles para el tratamiento de Aguas Residuales: Experiencias en Pequeños Municipios de España :
<https://www.madrimasd.org/blogs/remtavares/2010/12/22/131541>
- Milton Cesar Duarte, M. A. (2018). *UNAD*. Descripción de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas más Utilizados en Colombia y Análisis de la Situación Actual de los Vertimientos Directos de los Efluentes Líquidos Producidos por la Red de Alcantarillado Urbano del Silvania Cund:
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/21083/3171831-.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible . (Diciembre de 2019). Plan de Acción Ambiental . *Cumplimiento a la Orden Quinta - Sentencia T-622 DE 2016*. Chocó, Colombia .

- Reyes, M. L. (Diciembre de 2015). *Gestión HSEQ*. Procedimiento para el Manejo de Agua y Residuos Líquidos : https://kipdf.com/mantenimiento-conjunto-de-actividades-llevadas-a-cabo-para-mantener-un-bien-en-c_5ae516d77f8b9acf258b45f6.html
- Telwesa. (19 de Julio de 2023). *TELWESA*. La importancia de la tecnología en el tratamiento de aguas residuales: <https://telwesa.com/tecnologia-tratamiento-de-aguas-residuales/>
- Tilley, U. L. (12 de Diciembre de 2018). *SSWM*. Humedal Artificial de Flujo Vertical: <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/tratamiento-semi-centralizado/humedal-artificial-de-flujo-vertical>
- U.A.E Cuerpo Oficial de Bomberos Bogotá DC. (2022). *Gestión Eficiente . Instructivo Ahorro y Uso Eficiente del Agua*. Bogotá, Colombia.
- Yeison, H. S. (2017). *Universidad del Valle* . Optimización y uso eficiente del agua, en viviendas multifamiliares de los estratos 2 y 3 de la ciudad de Cali: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/entities/publication/99928add-2148-4025-893d-e1c5ab7ffa43>
- WWF. (2023). *wwf.panda.org*. Obtenido de www.dnp.gov.co/Prensa_/Noticias/Paginas/el-pais-solo-alcanza-a-tratar-el-60-de-sus-aguas-residuales-en-las-ciudades-dnp.aspx#:~:text=las%20ciudades%3A%20DNP-,El%20pa%C3%ADs%20solo%20alcanza%20a%20tratar%20el%2060%25%20de%20sus,residuales%20en%20la
- Universidad de Costa Rica. (15 de Febrero de 2019). *Humedal artificial: una propuesta para el manejo de aguas residuales*. Obtenido de Universidad de Costa Rica: <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2019/02/15/humedal-artificial-una-propuesta-para-el-manejo-de-aguas-residuales.html>

- Tilley, E., Ulrich, L., Lüthi, C., Reymond, P., Schertenleib, R., & Zurbrügg, C. (2014). *Compendio de sistemas y tecnologías de saneamiento*. Dübendorf: Federal Institute of Aquatic Science and Technology (Eawag). Obtenido de <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de/tecnologias-de-saneamiento/tratamiento-semi-centralizado/humedal-artificial-de-flujo-horizontal-subsuperficial>
- Stefania Gallini, L. F. (2014). *Las corrientes de la ciudad: Una historia del agua en la Bogotá del siglo XX*. Obtenido de Environment & Society Porta: https://www.environmentandsociety.org/sites/default/files/pdf_-_agua_en_la_bogota_0.pdf
- Salud, I. N. (2018). *Carga de Enfermedad Ambiental en Colombia*. Obtenido de Instituto Nacional de Salud : <https://www.ins.gov.co/Direcciones/ONS/Informes/10%20Carga%20de%20enfermedad%20ambiental%20en%20Colombia.pdf>
- Romero, W. L. (2016). *Revisión y estimación de impactos en la salud pública en la cuenca baja del Río Bogotá, debido a contaminación hídrica y atmosférica bajo diferentes escenarios de saneamiento*. Obtenido de Universidad de los Andes: <https://repositorio.uniandes.edu.co/flip/?pdf=/bitstreams/9ec3fa48-9d2f-4456-a732-6984c17f4dba/download>
- Quintero, J. V. (Septiembre de 2014). Evaluación de Humedales Evaporativos para el Post Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas. *Tesis de Maestría*. Pereira, Colombia: Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/61b9b197-7aef-40b6-a999->

2840a792f3bc/content#:~:text=Typha%20latifolia%2C%20Phragmites%20australis%20y,a%20condiciones%20de%20suelo%20saturados.

OMS. (1 de Febrero de 2023). *Organización Mundial de la Salud* . Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/schistosomiasis>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio . (Agosto de 2018). *Plan Director de Agua y Saneamiento Básico* . Obtenido de Minvivienda: <https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/2020-07/plan-director.pdf>

Hoffmann, H., Platzer, C., Winker, M., & von Muench, E. (Febrero de 2011). *Revisión Técnica de Humedales Artificiales de flujo subsuperficial para el tratamiento de aguas grises y aguas domésticas* . Eschborn: Agencia de Cooperación Internacional de Alemania, GIZ. Obtenido de <https://ecotec.unam.mx/wp-content/uploads/Revision-T--cnica-de-Humedales-Artificiales.pdf>