



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE
GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

TEMA

**IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA PILOTO USANDO
BIODISCOS PARA LA REMOCIÓN DE LA DBO_5 EN UN
AGUA RESIDUAL DOMESTICA.**

TUTOR

MSC. ING. PABLO MARIO PAREDES RAMOS

AUTORES

GUILLERMO ALFREDO BLANCO QUIMIS

PETTER ANTHONY GUZMAN ZAMBRANO

GUAYAQUIL

2020

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO:

Implementación de una planta piloto usando biodiscos para la remoción de la DBO₅ en un agua residual doméstica.

AUTOR/ES:

Blanco Quimis Guillermo
Alfredo
Guzmán Zambrano Petter
Anthony

REVISORES O TUTORES:

MsC. Ing. Pablo Mario Paredes Ramos

INSTITUCIÓN:

Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil

Grado obtenido:

Ingeniero Civil

FACULTAD:

Ingeniería, Industria y
Construcción

CARRERA:

Ingeniería Civil

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2020

N. DE PAGS:

118

ÁREAS TEMÁTICAS:

Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE:

Tratamiento del agua, Biomasa, Sedimentos, Agua residual

RESUMEN:

El presente trabajo de Titulación se basa en la implementación de una planta piloto usando biodiscos para remover la DBO₅ de un agua residual doméstica, puesto que en la actualidad se presenta gran cantidad de crecimiento poblacional por invasiones en zonas aledañas a ríos generando problemas inadecuados de descarga de agua residuales sin control ambiental. Ante este contexto, el proyecto persigue el tratamiento de estas aguas residuales domésticas, haciendo uso de un sistema convencional y moderno el de biodiscos. Por lo que, el objetivo del trabajo de tesis y el nivel de ejecución de la investigación experimental fue la remoción en función de DBO₅ de 6 experimentos en la planta piloto usando biodiscos con 4 procesos de operación durante su ejecución, para tratar el agua residual domestica obtenida de una EDAR, estableciendo parámetros como diferentes alturas de espejo de agua, y la transferencia de velocidades necesarias para giración del eje de soporte de los discos que están sumergidos. Para ello implementar este tipo de planta a escala piloto puede ser muy útil para tratar el agua residual domestica

<p>puesto que este tipo de sistema son de bajo costo y prácticos de ejecutar, y de los resultados obtenidos se determinó un porcentaje promedio de remoción de DBO₅ siendo de 72.87% cumpliendo con los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según la normas del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.</p>		
<p>N. DE REGISTRO (en base de datos):</p>	<p>N. DE CLASIFICACIÓN:</p>	
<p>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</p>		
<p>ADJUNTO PDF:</p>	<p>SI <input checked="" type="checkbox"/></p>	<p>NO <input type="checkbox"/></p>
<p>CONTACTO CON AUTOR/ES: Blanco Quimis Guillermo Alfredo Guzmán Zambrano Petter Anthony</p>	<p>Teléfono: 0939887247 0982372641</p>	<p>E-mail: guillermob1994@hotmail.com peter2020guzman@hotmail.com</p>
<p>CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:</p>	<p>MAE. Ing. Alex Salvatierra Espinoza; Decano de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción Teléfono: (04) 2596500 Ext. 241 E-mail: asalvatierrae@ulvr.edu.ec</p>	

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO



Document Information

Analyzed document	Tesis Biodisco Blanco&Guzman (1).docx (D69021815)
Submitted	4/24/2020 12:19:00 AM
Submitted by	MARIO PAREDES
Submitter email	pparedesr@ulvr.edu.ec
Similarity	2%
Analysis address	pparedesr.ulvr@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W	Fetches: 12/18/2019 8:17:22 PM URL: https://core.ac.uk/download/pdf/51194433.pdf	 1
SA	Fetches: 12/7/2018 3:17:00 PM URL: DELGADO SANDOVAL GUSTAVO - PRIMERA PARTE.docx	 3
SA	Fetches: 2/13/2019 10:20:00 PM URL: TESIS FINAL WALTER.R.docx	 5

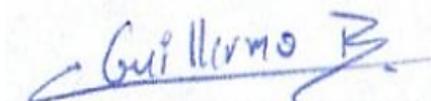
DECLARACIÓN DE AUTORIDAD Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

Los estudiantes egresados **GUILLERMO ALFREDO BLANCO QUIMIS** y **PETTER ANTHONY GUZMÁN ZAMBRANO** declaro (ambos) bajo juramento, que la autoridad del presente trabajo de investigación, corresponde totalmente a los/as suscritos/as y nos responsabilizamos con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedemos nuestros derechos patrimoniales y de titularidad a la **UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL**, según lo establece la norma vigente.

Este proyecto se ha ejecutado con el propósito de analizar la evaluación del comportamiento de la DBO_5 en un agua residual doméstica en una planta a escala piloto usando biodiscos.

Autor(es):

Firma:  _____

GUILLERMO ALFREDO BLANCO QUIMIS

C.I. 0941652455

Firma:  _____

PETTER ANTHONY GUZMÁN ZAMBRANO

C.I. 0926241431

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA PILOTO USANDO BIODISCOS PARA LA REMOCIÓN DE LA DBO_5 EN UNA AGUA RESIDUAL DOMESTICA”**, designado por el Consejo Directivo de la Facultad de **INGENIERÍA INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN** de la Universidad LAICA VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA PILOTO USANDO BIODISCOS PARA LA REMOCIÓN DE LA DBO_5 EN UNA AGUA RESIDUAL DOMESTICA”**, presentado por los estudiantes **GUILLERMO ALFREDO BLANCO QUIMIS** y **PETTER ANTHONY GUZMÁN ZAMBRANO** como requisito previo, para optar al Título de **INGENIERO CIVIL**, encontrándose apto para su sustentación

Firma: _____



PABLO MARIO PAREDES RAMOS

C.I. 0911828150

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco mucho a Dios por sentir su mano de apoyo por medio de su poder de fe para creer en las posibilidades de lograr éxitos en mi vida. Agradezco también a mis padres que con amor y esfuerzo siempre me apoyaron en todo momento para poder cumplir con mis objetivos y sueños de superación ya que sin ellos no podría haber logrado este proyecto, mis hermanos que siempre con sus palabras de ánimo y ayuda sin saber de la profesión siempre disponían de ayudarme en mis logros y objetivos.

Agradezco mucho a mi tutor de tesis que fue mucho más allá de ser un tutor de tesis, fue un padre más que con su paciencia, apoyo y valores me enseñó mucho de la calidad de ser humano que es sin importar hora y día nos ayudó sin ningún interés personal, incluyo al resto de ingenieros, docentes y miembros del consejo directivo de la facultad de Ingeniería civil que con su enseñanza y orientación me ayudaron a terminar mi carrera. A toda mi familia y amigos que nunca me dejaron de apoyar emocionalmente también va ese agradecimiento por estar pendiente de terminar mi carrera profesional.

GUILLERMO ALFREDO BLANCO QUIMIS

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a Dios por permitirme llegar hasta la culminación de la carrera, a mi madre y a mi abuela que con amor siempre estuvieron hay para apoyarme en todo momento. También agradezco a mi esposa y a mi hija que nunca me han dejado de apoyar y siempre han sido mi guía y empujón de fortaleza para continuar con mis metas a pesar de las dificultades que se me presenten, incluyo a mi padre, aunque seamos tan parecidos siempre me ha dado su apoyo incondicional.

Agradezco a mi compañero de tesis que a pesar que seamos tan diferentes hemos logrado terminar nuestro proyecto con gran logro a pesar de las adversidades que hemos pasado por su apoyo, ánimo y palabras de consuelo logro ayudarme en este proyecto y por eso valoro mucho más su aprecio de amistad y humildad como ser humano.

Agradezco este logro también a mi tutor que ha estado siempre al tanto para ayudarnos y contemplarnos en la finalización de este proyecto, incluyo mi agradecimiento a toda mi familia y amigos que han estado ayudándome en mi formación, a todas muchas gracias.

PETTER ANTHONY GUZMÁN ZAMBRANO

DEDICATORIA

A mis padres Guillermo Blanco y Flor Quimis que gracias a su esfuerzo siempre estuvieron dispuestos a dejar de alimentarse por ayudarme y consentirme en poder ejercerme como un profesional y cumplir el sueño de ellos, a ellos mis grandes héroes verdaderos va mi dedicatoria por enseñarme a ser valiente en poder aceptar y cumplir los grandes y mejores retos de superación y felicidad que tengo en mi vida.

GUILLERMO ALFREDO BLANCO QUIMIS

DEDICATORIA

A Dios, a mi madre Janeth Zambrano, a mi abuela Gladys García, a mi esposa Karen Villamil, a mi padre Pedro, a mis hermanos Ricardo y Humberto por su amor y apoyo incondicional; y a mi amigo Guillermo Blanco por su ayuda infinita y a todos mis familiares y amigos, para ellos va este logro cumplido.

PETTER ANTHONY GUZMÁN ZAMBRANO

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
FICHA DE REGISTRO DE TESIS.....	ii
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO ACADÉMICO.....	iv
DECLARACIÓN DE AUTORIDAD Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES . v	
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
AGRADECIMIENTO.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
DEDICATORIA.....	x
ÍNDICE GENERAL	xi
ÌNDICE DE TABLAS	xiv
ÌNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT.....	xx
ABREVIATURAS	xxi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Tema.....	2
1.2. Planteamiento del Problema.....	2
1.3. Formulación del Problema	2
1.4. Sistematización del Problema.....	3
1.5. Objetivos de la investigación.....	3
1.5.1. Objetivo General	3
1.5.2. Objetivos Específicos.....	3
1.6. Justificación de la investigación	3
1.7. Delimitación o alcance de la investigación	4
1.8. Hipótesis	5
1.8.1. Variable Independiente.....	5

1.8.2.	Variable Dependiente	5
CAPÍTULO II		6
2.	MARCO TEÓRICO	6
2.1.	Marco Teórico	6
2.1.1.	Antecedentes investigativos	6
2.1.2.	Biodiscos (Contactor Biológico Rotativo).....	6
2.1.2.1.	<i>Principio de funcionamiento</i>	10
2.1.2.2.	<i>Instalaciones físicas del sistema de biodiscos</i>	11
2.1.2.3.	<i>Factores convenientes durante su operación</i>	12
2.1.3.	Biopelícula (Biofilm)	13
2.1.3.1.	<i>Formación</i>	14
2.1.3.2.	<i>Principio de funcionamiento (Biopelícula)</i>	14
2.1.3.3.	<i>Espesor de biopelícula</i>	15
2.1.3.4.	<i>Modelo de formaciones estructural de la biopelícula</i>	15
2.1.3.5.	<i>Composición microbiológica de la biopelícula</i>	18
2.1.3.6.	<i>Cinética del crecimiento bacteriano</i>	19
2.1.3.7.	<i>Propiedades de las biopelículas</i>	20
2.1.3.8.	<i>Sedimentación de la biopelícula: Biosólidos</i>	22
2.1.3.9.	<i>Propiedades de los biosólidos</i>	22
2.2.	Marco Conceptual	24
2.2.1.	Agua residual	24
2.2.2.	Tipos de aguas residuales	25
2.2.3.	Agua residual domestica (aguas servidas)	27
2.2.3.1.	<i>Características y Composición del agua residual domestica</i>	27
2.2.3.2.	<i>Parámetros del agua residual domestica</i>	29
2.3.	Marco Legal	37
2.3.1.	Ley de la Constitución del Ecuador	37
2.3.2.	Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS)	38
2.3.3.	Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado. 40	
2.3.4.	Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce y agua marina.	41
CAPÍTULO III		45
3.	METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	45
3.1.	Metodología	45

3.1.1.	Investigación Experimental	45
3.1.2.	Alcance	45
3.1.3.	Técnicas de la investigación.	46
3.2.	Construcción y descripción para el diseño de la planta piloto	47
3.2.1.	Diseño de los discos	47
3.2.2.	Diseño del equipo	50
3.2.2.1.	Diseño Mecánico y de transmisión	51
3.2.3.	Parámetros de diseño	52
3.2.4.	Ensamblaje de diseño	54
3.3.	Operación de los biodiscos.....	55
3.3.1.	Obtención del agua residual doméstica.	56
3.4.	Fases de la operación	58
3.4.1.	Proceso de Remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) del agua residual doméstica usando biodiscos	60
3.4.1.1.	Procesos	60
3.5.	Análisis de resultados	70
CAPÍTULO IV.....		77
4.	INFORME FINAL	77
4.1.	Análisis de variación de las revoluciones de giro de Biodiscos para la determinación de remoción del parámetro medidor DBO ₅	77
4.2.	Análisis de variación de las alturas de llenado de agua residual doméstica para la determinación de remoción del parámetro medidor DBO ₅	78
4.3.	Evaluación económica del uso del reactor usando biodiscos para el sistema de tratamiento de aguas residuales doméstica.	79
4.4.	Efectividad y porcentaje de remoción de DBO ₅ en los procesos efectuados....	80
CONCLUSIONES		82
RECOMENDACIONES		83
GLOSARIO.		84
BIBLIOGRAFÍA.....		85
ANEXOS		91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición del agua residual.	28
Tabla 2: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público según normas TULAS	40
Tabla 3: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.	42
Tabla 4: Límites de descarga a un cuerpo de agua marina.	43
Tabla 5: Características Base (reactor).....	53
Tabla 6: Características eje de equipo.....	53
Tabla 7: Características Biodiscos.	53
Tabla 8: Características de motor.	54
Tabla 9: Concentración de DBO5 de planta piloto.	71
Tabla 10: Remoción primer proceso.	71
Tabla 11: Remoción segundo proceso.	72
Tabla 12: Remoción tercer proceso.....	72
Tabla 13: Remoción cuarto proceso.....	73
Tabla 14: Remoción quinto proceso.....	74
Tabla 15: Remoción sexto proceso.	74
Tabla 15: Resultados de porcentaje de remoción.	76
Tabla 17: Evaluación de Costos.	79
Tabla 18: Evaluación de Costo por ensayo.	80
Tabla 19: Efectividad y porcentaje de Remoción de DBO.	80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Biodiscos.	7
Figura 2: Principales dimensiones y estructuras de biodiscos	8
Figura 3: Principales dimensiones y estructuras de biodiscos	9
Figura 4: Moderna configuración de Biodiscos.	10
Figura 5: Componentes principales para el proceso de un Biodiscos.	11
Figura 6: Temperatura del agua residual °C.	13
Figura 7: Formación de Biopelícula.	14
Figura 8: Proceso de formación de biopelícula.	15
Figura 9: Modelo del canal de agua.	16
Figura 10: Modelo del mosaico heterogéneo.	16
Figura 11: Modelo de película densa.	17
Figura 12: Microbiología de la biopelícula.	18
Figura 13: Curva de crecimiento bacteriano.	19
Figura 14: Aguas residuales.	25
Figura 15: Agua residual doméstica.	25
Figura 16: Aguas blancas.	26
Figura 17: Aguas residuales de industria vertiendo a ríos.	26
Figura 18: Aguas residuales de agrícola y ganadera.	27
Figura 19: Llenado de Zeolita dentro de los discos.	48
Figura 20: Materiales requeridos.	55
Figura 21: Planta piloto usando biodiscos.	55
Figura 22: Planta de tratamiento de aguas residuales	56
Figura 23: Estación de bombeo urbanización laguna del sol (planta de tratamiento de lodos activados)	56
Figura 24: Uso de Protección personal para obtención del agua residual.	57
Figura 25: Extracción del agua residual	57
Figura 26: Laguna de aireación de planta de tratamiento	57
Figura 27: Extracción de agua residual de Laguna de aireación.	57
Figura 28: Extracción Vertido del agua residual domestica a la planta piloto.	58
Figura 29: Inspección de revoluciones por minuto (rpm)	60
Figura 30: Recipientes para cada toma de muestreo	61

Figura 31: Toma de muestra #1 entrada de agua residual domestica a planta piloto	61
Figura 32: Toma de tiempo de llenado.....	62
Figura 33: Biodiscos en tratamiento.	62
Figura 34: Sedimentación de la biomasa.....	63
Figura 35: Biodiscos sin zeolita	64
Figura 36: Etapa de sedimentación.	64
Figura 37: Altura de llenado entre agua residual más inoculo	65
Figura 38: Sedimentación de la biomasa.....	66
Figura 39: Película liquida generado en etapa de reacción.	67
Figura 40: Entrega de muestra a laboratorio.....	67
Figura 41: Etapa de llenado.....	68
Figura 42: Desprendimiento de biomasa.....	68
Figura 43: Altura de llenado entre agua residual más inoculo	69

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Resultados de porcentaje de remoción.....	75
Gráfico 2: Análisis de la influencia de RPM usado	77
Gráfico 3: Análisis de la influencia de altura usado.....	78
Gráfico 4: Porcentaje de Remoción de DBO5 de los seis procesos remoción.....	81

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Concentración de entrada DBO5 (planta piloto).	91
Anexo 2: Primera muestra removida de salida de DBO5.	92
Anexo 3: Segunda muestra removida de salida de DBO5.	93
Anexo 4: Tercera muestra removida de salida de DBO5.....	94
Anexo 5: Cuarta muestra removida de salida de DBO5.	95
Anexo 6: Quinta muestra removida de salida de DBO5.	96
Anexo 7: Sexta muestra removida de salida de DBO5.	97

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PLANTA PILOTO USANDO BIODISCOS PARA LA REMOCIÓN DE LA DBO_5 EN UN AGUA RESIDUAL DOMESTICA”

Autor(es): Guillermo Alfredo Blanco Quimis & Petter Anthony Guzmán Zambrano

Tutor: MsC. Ing. Pablo Mario Paredes Ramos

RESUMEN

El presente trabajo de Titulación se basa en la implementación de una planta piloto usando biodiscos para remover la DBO_5 de un agua residual doméstica, puesto que en la actualidad se presenta gran cantidad de crecimiento poblacional por invasiones en zonas aledañas a ríos generando problemas inadecuados de descarga de agua residuales sin control ambiental. Ante este contexto, el proyecto persigue el tratamiento de estas aguas residuales domésticas, haciendo uso de un sistema convencional y moderno el de biodiscos. Por lo que, el objetivo del trabajo de tesis y el nivel de ejecución de la investigación experimental fue la remoción en función de DBO_5 de 6 experimentos en la planta piloto usando biodiscos con 4 procesos de operación durante su ejecución, para tratar el agua residual domestica obtenida de una EDAR, estableciendo parámetros como diferentes alturas de espejo de agua, y la transferencia de velocidades necesarias para giración del eje de soporte de los discos que están sumergidos. Para ello implementar este tipo de planta a escala piloto puede ser muy útil para tratar el agua residual domestica puesto que este tipo de sistema son de bajo costo y prácticos de ejecutar, y de los resultados obtenidos se determinó un porcentaje promedio de remoción de DBO_5 siendo de 72.87% cumpliendo con los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según las normas del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria.

Palabras claves: Tratamiento del agua, Biomasa, Sedimentos, Agua residual.

“IMPLEMENTATION OF A PILOT PLANT USING BIODISCS FOR THE REMOVAL OF THE DBO₅ IN A DOMESTIC WASTE WATER”

Author(s): Guillermo Alfredo Blanco Quimis & Petter Anthony Guzmán Zambrano

Advisor: MsC. Ing. Pablo Mario Paredes Ramos

ABSTRACT

The present Titration work is based on the implementation of a pilot plant using biodisks to remove the DBO₅ from a domestic wastewater, since at present there is a large amount of population growth due to invasions in areas near rivers, generating inadequate discharge problems of waste water without environmental control. In this context, the project pursues the treatment of these domestic waste waters, making use of a conventional and modern system of biodisks. Therefore, the objective of the thesis work and the level of execution of the experimental research was the removal based on DBO₅ of 6 experiments in the pilot plant using biodisks with 4 operating processes during its execution, to treat domestic wastewater obtained from an EDAR, establishing parameters such as different heights of the water mirror, and the transfer of speeds necessary to rotate the support axis of the discs that are submerged. For this, implementing this type of plant on a pilot scale can be very useful for treating domestic wastewater since this type of system is low cost and practical to execute, and an average percentage of DBO₅ removal was determined from the results obtained. 72.87% complying with the discharge limits to a fresh water body according to the standards of the Unified Text of Secondary Environmental Legislation.

Keywords: Water Treatment, Biomass, sediment, sediments, residual water.

ABREVIATURAS

C.I: cedula de identidad

AR: agua residual

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno

TULAS: Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria

RPM: revoluciones por minuto

EDAR: Estación de aguas residuales

°C: grados centígrados

L: litros

SEG: segundos

CM: centímetros

M: metros

MG: miligramo

U: unidad

%: porcentaje

INTRODUCCIÓN

En las principales ciudades del Ecuador, se observa una tendencia de incremento poblacional en el país, a construir grandes plantas de tratamiento de aguas residuales, y mediante el uso de nuevos equipos y tecnología se efectúan nuevos diseños de plantas de tratamiento para diferentes sectores rurales y comunales, pero aún se evidencia existencia de comunidades en las cuales no se brindan ningún tipo de servicio de alcantarillado y menos aún tratamiento de aguas servidas.

Todas las actividades del hombre generan un impacto sobre el medio ambiente. Los residuos sólidos no son la excepción. Las técnicas de tratamiento reducen (es decir concentran) la carga de residuos que requiere disposición o tratamiento complejo mediante la separación al inicio del tratamiento, de los residuos que no necesitan niveles elevados de tratamiento y limpieza a fin de calificarlos para el tratamiento en plantas de tratamiento públicas. Los procesos de tratamiento simples pueden remover más de 50% de sólidos suspendidos y de DBO del efluente. Los procedimientos más complejos pueden lograr niveles más altos, pero exigen costos mayores y operaciones más cuidadosas.

Por lo tanto, en este trabajo se presenta la implementación de una planta piloto para el tratamiento de esas aguas residuales domésticas usando el método de los biodiscos para reducir menos espacio ya que no se cuenta con grandes expansiones de terreno en las ciudades, mejorar la calidad del agua efluente, todo esto en procura de cuidar el ecosistema.

El uso de esta planta usando el método de los biodiscos facilitara remover los contaminantes del agua residual y analizar que la gran cantidad de bacterias se incremente y se logre eliminar considerando llegar a un porcentaje mayor de este tipo de tratamientos moderno, y lograr que este tipo de remoción se reúse para fines comunes, considerando que este método puede servir para el tratamiento del agua residual que genere en la Universidad Laica Vicente Rocafuerte y el cual se consume una gran cantidad de agua desgastando ese líquido sin ningún tratamiento usual.

CAPÍTULO I

1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema

Implementación de una planta piloto usando biodiscos para la remoción de DBO_5 en un agua residual doméstica.

1.2. Planteamiento del Problema

Las aguas residuales producto de la utilización del líquido vital en las diferentes actividades del hogar no son convenientemente tratadas en los recintos y pequeñas comunidades del país. En estos no existen hasta en algunos casos ningún tipo de almacenamiento o pozo séptico para los desechos; el cual recurre a ser dispuesto en la vegetación, descargarlo a un río cercano u ocultarlos dentro de la tierra, por lo que a su vez esto contamina al medio ambiente generando bacterias patógenas y provocando por ende enfermedades.

El sistema de tratamiento de aguas más utilizado es el pozo séptico, este se logra una remoción de materia orgánica no más del 50%, no cumpliendo con la normativa ambiental del Ecuador; el vertimiento de estos pozos sépticos es supuestamente agua limpia, pero el agua descargada aporta a nuestras quebradas gran cantidad de materia orgánica que mata la fauna y la flora.

1.3. Formulación del Problema

En razón a lo expuesto, la investigación propuesta busca dar respuesta a la siguiente pregunta:

- ¿Cómo se mejoraría la remoción de DBO_5 en un agua residual doméstico con la implementación de una planta piloto usando biodiscos y no continuar con el tratamiento tradicional que actualmente se utiliza en el Ecuador?

1.4. Sistematización del Problema

- ¿Cuál sería el porcentaje de remoción de la DBO_5 entre las plantas de tratamientos utilizadas actualmente en el Ecuador y la implementación de la planta piloto usando biodiscos?
- ¿Qué tipo de factor biológico se usó para mejorar la remoción de la DBO_5 con la implementación de la planta piloto usando biodiscos?
- ¿Cuál es el tiempo de vida útil de la planta piloto usando biodiscos?

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo General

Implementar una planta piloto usando biodiscos para la remoción de la Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO_5) en un agua residual doméstica.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Verificar el comportamiento de los biodiscos cuando se varíen las alturas de lámina de agua residual doméstica.
- Evaluar la influencia de la velocidad de giración en revoluciones por minuto de los biodiscos en la remoción de DBO.
- Evaluación económica del uso de biodisco aplicando zeolita o sin zeolita en la remoción de DBO.

1.6. Justificación de la investigación

El interés en eliminar contaminantes de las aguas residuales domésticas se ha incrementado en los últimos años existe una búsqueda de nuevos y mejores diseños que permitan la implementación de sistemas de tratamiento confiables, de bajo costo y que ofrezcan mejores resultados, estos deben cumplir con las normas establecidas de la legislación ambiental; en la actualidad en el Ecuador, existe un gran déficit de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas de bajo costo. Considerando esto, es necesario conceptualizar y dimensionar un sistema de aguas residuales que cumpla con los parámetros de vertido para reducir el impacto ambiental.

La implementación de un sistema de tratamiento de agua servida para estos sectores de bajos recursos es de vital importancia, para seguir evitando la contaminación del medio ambiente y enfermedades, las estadísticas según el censo realizado en el año 2010 muestran un gran incremento poblacional y, a su vez mayor producción de aguas residuales domésticas sin tratar y construir este nuevo tipo de diseños de tratamientos para las debidas aguas que se encuentran regadas por la vegetación se obtendrán ventajas como: reducción de costos de construcción al implementar inadecuados reservorios, mejorara la calidad de vida de los habitantes, disminuirá la contaminación de los efluentes vertidos y garantizara los diseños de construcción de este tipo de sistemas de tratamiento para producir agua residual tratada que bien puedes ser usada para el riego de cultivos de plantas no comestibles.

1.7. Delimitación o alcance de la investigación

Esta investigación busca seguir implementando nuevos métodos que aún no se utilizan en el país por la gran demanda de espacio y recurso que los gobiernos no plantean para un buen uso de medio ambiente en estos sectores donde los residentes tienen derecho a brindarse de estos servicios por lo cual el método de implementación se llevara a cabo:

Lugar:	Ecuador, Guayas
Campo:	Educación Superior Tercer Nivel
Aspecto:	Investigación Experimental
Área:	Ingeniería Civil.
Tema:	Implementación de una planta piloto usando Biodiscos para la remoción de DBO_5 en un agua residual doméstica.
Delimitación Espacial:	Guayaquil, Planta piloto ULVR
Delimitación Temporal:	6 meses

1.8. Hipótesis

Con el desarrollo de una planta piloto usando biodiscos, se puede conseguir un efectivo tratamiento para remover materia orgánica presente en el agua residual doméstica con el fin de evitar malos olores y sabores y, principalmente disminuir el riesgo de contaminación para el medio ambiente.

1.8.1. Variable Independiente

Al implicar el comportamiento de la Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO_5 en el agua residual doméstica se obtendrá una evaluación efectiva de remoción mediante la acción de bacterias en condiciones aerobias.

1.8.2. Variable Dependiente

El uso de biodiscos en la implementación para el tratamiento de las aguas residuales.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Teórico

2.1.1. Antecedentes investigativos

Para la primera variable que es de biodiscos se utiliza la siguiente investigación titulada “REDISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN EQUIPO PILOTO DE BIODISCOS PARA REMOCIÓN DE MATERIA ORGANICA DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA”, realizado por: PANCHAN ORRALA JENNIFER LISSETTE Y ONOFRE PIZARRO KRISTEL GEANELLA, como requisito para optar el título de ingeniero químico en la, UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, en Guayaquil-Ecuador, presentada en fecha Julio 2017.

Tiene como objetivo general rediseñar un equipo piloto de biodiscos para remoción de materia orgánica de agua residual doméstica, y los resultados que obtuvieron con respecto a los análisis realizados con el nuevo rediseño determinaron eficiencias en cuanto al DBO₅, DQO, ST y pH, en base al tratamiento realizado en este trabajo de investigación.

Mediante los resultados obtenidos, y realizando el análisis sólo considerando la concentración de DBO₅, el equipo logro cumplir con sus objetivos al tener una eficiencia mayor en remoción de materia orgánica.

Con esta evaluación se concluyó que con el fin de evaluar de manera adecuada las aguas residuales, así como su tratamiento, se deben evaluar aspectos físicos, químicos y biológicos, para sus tratamientos y procesos, los cuales tienen como fin eliminar los contaminantes existentes detallados anteriormente los cuales se encuentran presentes en el agua efluente del uso humano.

2.1.2. Biodiscos (Contactor Biológico Rotativo)

Los contactores biológicos rotativos (CBR), son sistemas de tratamientos en los que los microorganismos responsables de la degradación de la materia orgánica se hallan

adheridos a un material soporte, que gira semisurmegido en el agua a depurar. Con ello se pone la biomasa en contacto, alternativamente, con el agua residual a tratar y con el oxígeno atmosférico. (Studylib, s.f.)

Los Biodiscos es un conjunto de discos fijos, adaptados en un tanque para realizar un proceso biológico aeróbico, el cual es utilizado para el tratamiento secundario de las aguas residuales urbanos o industriales, especialmente los de alto contenido de materia orgánica (DBO). (Studylib, s.f.)



Figura 1: Biodiscos.
Fuente: Filtramassa (s.f.)

El Contactor biológico rotativo, llamado Biodisco, Biocilindro o Bioreactor, es tan eficaz como el proceso de fangos activos, requiere un espacio mucho menor, es fácil de operar y tiene un menor consumo energético. Se constituye de una estructura plástica, dispuesta alrededor de un eje horizontal. Generalmente es de polietileno de alta densidad y de elevada superficie específica. La cual puede encontrarse de un 40% a un 90% sumergida en el agua a realizar dicho tratamiento. Por otro lado, el rozamiento con el agua se autorregula debido al espesor de la película de microorganismos que se desarrolla sobre el material. (Martinez, 2015)

Este sistema de tratamiento biológico es usado para la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Las remociones de Demanda Bioquímica de Oxígeno obtenidas por este sistema de tratamiento, varían de 80-95%, dependiendo principalmente del tipo de agua residual por tratar. (Martinez, 2015)

- **Antecedentes.** Uno de los principales factores por el que se necesitó un tratamiento de aguas residuales fue el crecimiento poblacional en el siglo XIX, enfermedades como el cólera llevaron a la necesidad de drenar el agua

mediante sistemas más sofisticados y por tanto el impulso del tratamiento de aguas residuales para el uso humano entre otros, la tecnología por aquel entonces, no era muy sofisticada para entender la naturaleza y el comportamiento biológico del agua residual, como hoy día. Limitando la posibilidad de trabajar a grandes escalas. A finales del siglo, se desarrollaron modelos matemáticos para predecir el comportamiento de la materia orgánica y poder así diseñar sistemas que la consumieran como es el caso de los CBR. (Bioplast Depuración , 2016)

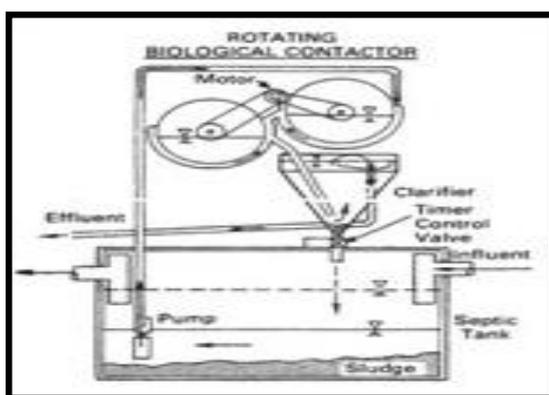


Figura 2: Principales dimensiones y estructuras de biodiscos
Fuente: Bioplast Depuración (s.f.)

- **Origen de los Biodiscos.** Las dos primeras referencias relativas a biodiscos, son dos patentes; la primera de ellas concebida por Weigand en 1900, donde el medio de soporte giratorio estaba formado por planchas de madera y la segunda la desarrollada por Poujoulat en 1916 donde el medio estaba formado por un cilindro de material poroso que giraba sobre su eje horizontal, otra opción fue la rueda biológica patentada por A.T. Maltby poco antes de 1930, dicho prototipo creado, consistía en un conjunto de ruedas las cuales se encontraban parcialmente sumergidas, que giraban con el flujo de agua de un canal. Durante esta época, se utilizaron materiales como el hierro y la madera, el principal problema de estos pre-biodiscos o Contactores Biológicos Rotativos era el rápido deterioro, esto dio lugar a nuevas líneas de investigación dirigidos a los soportes plásticos para la formación de la biopelícula. (Bioplast Depuración , 2016)



Figura 3: Principales dimensiones y estructuras de biodiscos
Fuente: Bioplast Depuración (s.f.)

- **Actualidad.** Una vez verificado el crecimiento bacteriano sobre soportes plásticos, el estudio de este material se dirigió tanto para soporte de relleno para lechos bacterianos, y biodiscos, sustituyendo los conectores biológicos rotativos de acero por plástico, principalmente poliestireno. Hasta 1960 no se instaló el primer biodisco (de forma comercial), aumentando el interés de este sistema de depuración de aguas residuales a nivel europeo. (Bioplast Depuración , 2016)

El término biodisco, se creó en base al proceso y tratamiento, el cual implementaba el proceso descrito en este trabajo de investigación. El primer proceso de purificación en base a biodiscos fue instalados por primera vez en USA en una pequeña fábrica de queso 1969. En aquel tiempo, los discos de poliestireno eran costosos, y por tanto poco competitivos económicamente frente a procesos como los lodos activos. Hasta que se sustituyó por polietileno, con el avance de los materiales, también se avanzó en los tratamientos del agua, aproximadamente en 1978 comenzaron a diseñarse los CBR para la nitrificación. Evaluando parámetros como la velocidad de rotación de los biodiscos, tiempo de retención, superficie necesaria de CBR, número de etapas, etc. (Bioplast Depuración , 2016)

A partir de entonces multitud de trabajos se realizaron con diferentes configuraciones en los contactores biológicos rotativos, aumentando el número de publicaciones. No solo avanzó la línea de agua, sino la línea de lodos, digestión anaerobia, desnitrificación. Este avance permitió diseñar los contactores biológicos rotativos para sobrecargas de caudal, diferentes parámetros de partida, diferentes tipos

de industrias, municipios pequeños, más grandes, y maximizar los rendimientos. (Bioplast Depuración , 2016)

Como todos los sistemas de tratamiento de aguas residuales, los CBR poseen ventajas e inconvenientes respecto a otros equipos, dependiendo hacia donde se dirija su uso, al igual que su configuración. Hoy día existen multitud de formas de diseñar un Contactor Biológico Rotativo. Pero nunca hay que perder de vista que el objetivo de los mismos es poder controlar y disminuir la carga contaminante que se trata y se vierte al medio. (Bioplast Depuración , 2016)



*Figura 4: Moderna configuración de Biodiscos.
Fuente: Bioplast Depuración (s.f.)*

2.1.2.1. Principio de funcionamiento

Un Contactor Biológico Rotativo consta de una serie de discos circulares de plástico (sintéticos) muy espaciados (montados uno al lado del otro), que son típicamente de unos 3,5 m de diámetro y unidos a un eje horizontal giratorio. Aproximadamente el 40% de cada disco se sumerge en un tanque que contiene el agua residual a tratar. A medida que gira el Contactor Biológico Rotativo, la película de biomasa adjunta que crece en la superficie de los discos se mueve dentro y fuera de las aguas residuales. Mientras están sumergidos en las aguas residuales, los microorganismos absorben sustancias orgánicas; cuando se rotan fuera del agua residual, se suministran con el oxígeno requerido para la descomposición aerobia. A medida que la biomasa adherida vuelve a entrar en las aguas residuales, el exceso de sólidos y productos de desecho se quitan de los medios como desechos. Estos desechos se transportan con el flujo de aguas residuales a un tanque de sedimentación para su remoción. (Moyano, 2015)

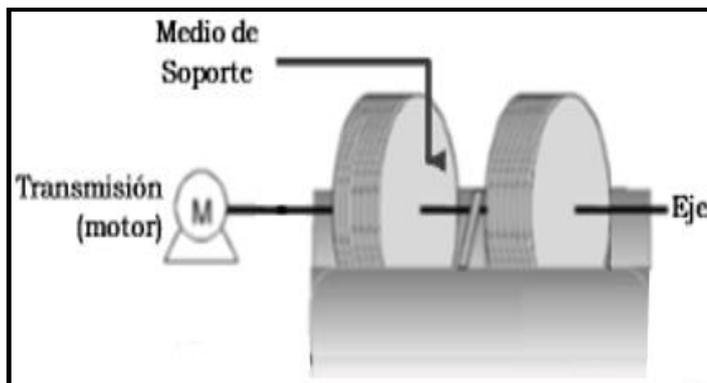
La rotación permite:

- La transferencia de oxígeno
- Mantiene la biomasa en condiciones aerobias
- Eliminación del exceso de sólidos en los discos debido al esfuerzo cortante
- Mantener la suspensión los sólidos arrastrados

En algunos diseños se añade aire en la parte inferior del tanque para proveer oxígeno y hacer girar los discos, cuando estos se encuentran equipados con dispositivos para capturar el aire. Estos sistemas son similares a los de filtro percolador con una tasa de circulación alta. (Moyano, 2015)

2.1.2.2. Instalaciones físicas del sistema de biodiscos

A continuación, los principales elementos los cuales componen el sistema de los Biodiscos, serán detallados, así como su respectiva importancia dentro del proceso. (Palmezzano, 2019)



*Figura 5: Componentes principales para el proceso de un Biodiscos.
Fuente: Manuel Gonzales (2016)*

- **Eje**

Este elemento, se encarga de brindar el adecuado soporte a los discos, así como el soporte de los discos, de esta manera, finalmente dar soporte a todo el proceso de rotación, el cual es fundamental para la operación del reactor. Este elemento debe tener características de un material fuerte para sostener el peso de los discos sumado al peso de la biomasa adherida y brindar soporte al material. El eje estará en contacto con el agua residual, debido a esto dicho material deberá ser resistente a la corrosión del líquido, una de las sugerencias, es que este material no debería ser acero inoxidable

debido a la cantidad de corrosión que este material presenta bajo condiciones agresivas del medio, por otro lado, dicha corrosión puede ser minimizada con pintura anticorrosiva o algún otro tipo de recubrimiento resistente como plástico o algún otro tipo de polímero. (Cisneros, s.f.)

- **Medios de soporte (discos)**

Construidos generalmente de polietileno o polipropileno de alta densidad, colocado en serie, la función de estos discos es estar parcialmente sumergidos en el agua y giran lentamente en el seno de la misma. (Cisneros, s.f.)

El disco se define como la superficie donde la población microbiológica es adherido y se desarrolla para el funcionamiento del sistema de tratamiento. Del mismo modo que el eje, este material debe ser resistente a la corrosión debido a los microorganismos adheridos a la superficie, los cuales pueden llevar a cabo un rápido deterioro de los discos. (Cisneros, s.f.)

- **Mecanismo de transmisión (motor eléctrico)**

Generalmente para realizar el giro del disco se utiliza un mecanismo mediante transmisión mecánica, este mecanismo utiliza un motor, así como un sistema de poleas o piñones, para lograr el giro deseado del eje y los discos. (Cisneros, s.f.)

2.1.2.3. Factores convenientes durante su operación

Oxígeno disuelto

Debido a que este sistema es de tipo aerobio, el oxígeno que se encuentra disuelto dentro de este, es primordial para futuros procesos biológicos. La transferencia de oxígeno del aire al Biodiscos puede darse por tres vías:

- En base a la absorción de oxígeno en la película líquida sobre la superficie de la biopelícula
- Cuando se encuentra expuesta a la atmósfera
- Mediante inyección directa de oxígeno en la interface aire – agua
- Absorción directa de oxígeno en base a microorganismos encontrados durante la exposición al aire.

El oxígeno disuelto, se utilizará para la oxidación de la materia orgánica carbonosa y para la nitrificación. Con el fin de llevar a cabo las reacciones bioquímicas es necesario garantizar una cantidad de oxígeno suficiente para los procesos aerobios, los cuales requieren una cantidad mayor a 0.5 mg/L, de oxígeno disuelto (Pérez, 2012).

Temperatura

Uno de los factores que más influyen en el desempeño del reactor, es la temperatura, esto se debe a los diferentes tipos de afectaciones que pueden ocurrir en los procesos biológicos. Un incremento de temperatura puede fomentar la actividad microbiana, a su vez aumentar la remoción de contaminantes. Por otro lado, cuando la temperatura se encuentra por debajo de los 13°C los procesos de remoción de carbono y Nitrógeno se ven muy afectados y por lo tanto un factor de corrección debe ser aplicado a la cantidad necesaria de superficie de los discos, con el fin de contrarrestar ese efecto, el cual se muestra en la Figura 5. Pese a que el aumento de temperatura contribuye a la actividad microbiológica, la temperatura no puede ser muy elevada debido a la solubilidad del oxígeno disuelto en el agua, además puede ser factor limitante para el proceso microbiológico (Pérez, 2012).

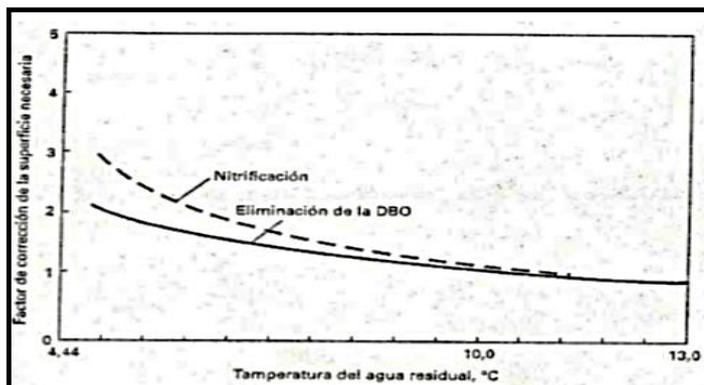


Figura 6: Temperatura del agua residual °C.

Fuente: Romero rojas (2008)

2.1.3. Biopelícula (Biofilm)

Este elemento consiste en una estructura compleja formada por un conjunto de agregados celulares (grupo de células densamente empaquetados) y huecos intersticiales, los cuales son adheridos a un material, el cual puede ser de origen natural o sintético. Está formada por una estructura morfológica y fisiológicamente distinta a

la de bacterias libres, utilizándose incluso mediadores químicos intercelulares para desarrollar la película. (Gomez, 2002).

2.1.3.1. Formación

Durante la rotación el reactor acarrea una película de agua residual, la cual absorbe oxígeno del aire. Los organismos de la película fija de biomasa en los discos remueven la materia orgánica soluble aeróbicamente, es decir estabilizan la materia orgánica en sustancias más simples, en presencia de oxígeno (Gomez, 2002).

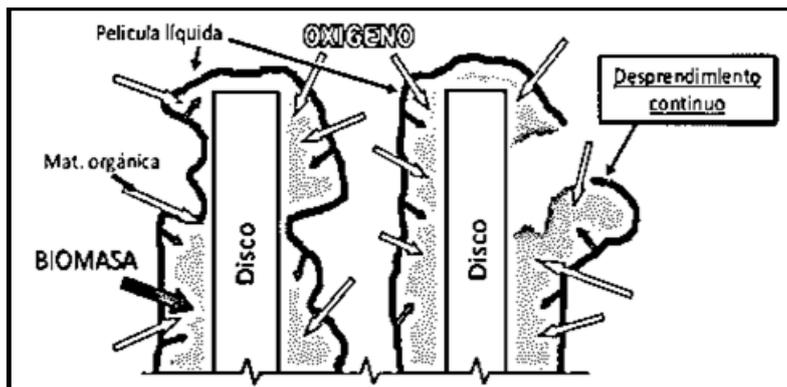


Figura 7: Formación de Biopelícula.

Fuente: ACAI depuración (s.f.)

Clasificación de reactores:

- Materia Orgánica (biodegradable): consiste en una amplia variedad de compuestos determinados principalmente por dos procedimientos, DQO que se realiza por vía química y DBO por intermedio de bacterias.
- Película líquida: comprende la formación de la materia orgánica y el agua residual
- Biomasa en suspensión (lodos activados): la biomasa crece libre o en suspensión en el interior del birreactor, produciendo la formación de flóculos.
- Biomasa Fija: la biomasa crece adherida a un soporte que puede ser natural o artificial, formando una lama o película.

2.1.3.2. Principio de funcionamiento (Biopelícula)

Una película biológica o biomasa crece en la superficie del medio de soporte, frecuentemente se trata de una de una serie de discos montados en un eje y se colocan

en un tanque que tiene la forma para adaptarse a los discos. Los discos son normalmente de plástico o algún otro material resistente no corrosivo (Manuel, s.f.).

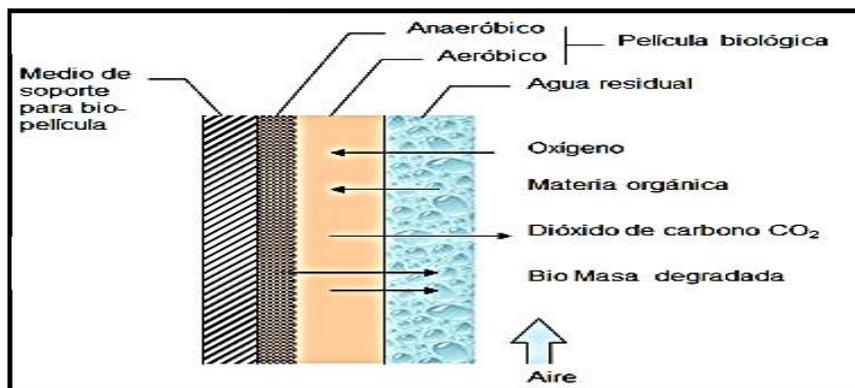


Figura 8: Proceso de formación de biopelícula.
Fuente: Manuel Gonzales (2016)

2.1.3.3. Espesor de biopelícula

El espesor que compone la biopelícula, que suele estar comprendido entre 1.5 y 3 mm depende de: la afinidad de los microorganismos entre sí y con el material de los discos; el ritmo de crecimiento de la población bacteriana; el nivel de estrés hidrodinámico que pueden aguantar las bacterias; la concentraciones de sustratos y la limitación de oxígeno en la película film (Manuel, s.f.)

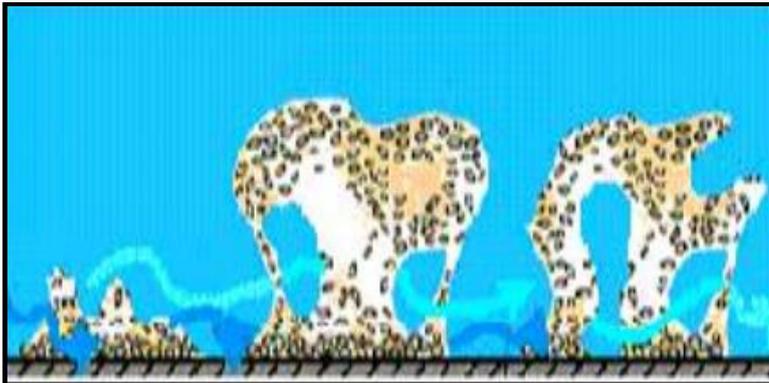
2.1.3.4. Modelo de formaciones estructural de la biopelícula

Se identifican al momento de la formación de la biopelícula 3 modelos emitidos (Gálvez Rodríguez, J.M.)

- **Modelo del canal de agua**

Después del periodo de colonización en la superficie del soporte, las células sufren cambios fenotípicos y produciendo entre moléculas estructurales, ex polisacáridos (EPS). Algunas poblaciones bacterianas adheridas, constituyen estructuras en forma de cono formando una biomasa filamentosa que soporta multitud de microcolonias (Okabe et al, 1998). La fusión microorganismo-EPS deja una red de canales de agua que llega hasta la base de la biopelícula (Figura N° 9). La importancia de estos canales se ha llegado a comparar al sistema circulatorio de un organismo superior, por su estructura, grado de homeostasis, relación espacial óptima con los organismos que

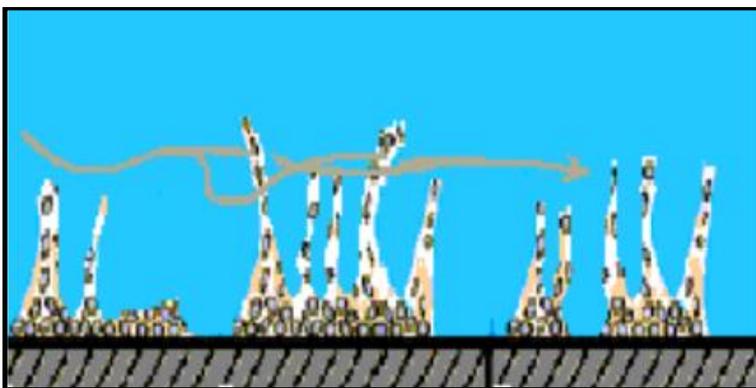
conviven y el intercambio de nutrientes y metabolitos entre la comunidad y la fase fluida (Manuel, s.f.).



*Figura 9: Modelo del canal de agua.
Fuente: Gálvez Rodríguez (2016)*

- **Modelo del mosaico heterogéneo**

Uno de los modelos más típicos en distribución de agua. Es un caso extremo del modelo del canal de agua. Este modelo cuenta con microcolonias formando tallos unidos al soporte por la base. Usualmente puede encontrarse una base muy fina de células individuales unidas a la superficie formando un film de 5 μ m de espesor. La diferencia de este modelo con otro, consta debido a la separación entre las torres microbianas no se llegan a formar los canales (Manuel, s.f.).



*Figura 10: Modelo del mosaico heterogéneo.
Fuente: Gálvez Rodríguez (2016)*

- **Modelo de película densa**

Su estructura no tiene canales de agua y presenta escasa. Hay, sin embargo, alguna organización estructural. Incluye numerosas colonias del mismo tipo de bacteria. Además, hay ejemplos de asociaciones específicas (Manuel, s.f.).



*Figura 11: Modelo de película densa.
Fuente: Gálvez Rodríguez (2016)*

Según el mencionado autor, en estos modelos parece que hay alguna relación entre la estructura y la concentración de sustrato presente. En el caso del mosaico heterogéneo la concentración de nutrientes es mínima ($<1\text{mg/l}$), mientras que para el modelo de película densa la concentración puede llegar a $15\text{-}20\text{g/l}$ (Manuel, s.f.).

Esta relación (tipo de estructura/concentración de sustrato) ha sido estudiada basándose en la formación de colonias por *Bacillus licheniformis* creciendo sobre distintas concentraciones de nutrientes. En medios ricos se observaron colonias redondeadas y mucosas (coincide con la estructura de la película densa). Por otro lado, los crecimientos en medios limitantes desarrollaban colonias arracimadas formando ramificaciones, ajustándose esta disposición canalizada a los modelos de biopelícula mosaico heterogéneo y canal de agua (Manuel, s.f.)

Gálvez Rodríguez, J. M. (8) (2001) afirma que estos modelos, son más simples hipótesis. En 1994 (Beer et al, Gjaltema et al, Masson-Deya et al y Stoodley et al) demostraron, en base a un ensayo realizado con imágenes de Resonancia Magnética Nuclear la existencia de canales de agua. Otro estudio realizado por Stoodley et al, también lo corrobora. En 1997, con el uso de un microelectrodo que permite determinar el coeficiente de transferencia de masa (K). Se encuentra que midiendo este parámetro en distintas localizaciones dentro de la biopelícula, se pueden encontrar distintos valores de K, como conclusión, se constató que era debido a la heterogeneidad estructural de la película biológica (Manuel, s.f.).

Otros factores que afectan la heterogeneidad estructural de las biopelículas según investigaciones relacionadas, de manera específica Grady et al 1999; Loosdrecht et al,1995 y Lazarova et al 1992, pueden ser:

- El tipo de textura del material soporte
- Las diferentes características hidrodinámicas del sistema
- Los tipos de microorganismos que lo componen
- Naturaleza de la fase líquida
- La forma o geometría del biorreactor

2.1.3.5. Composición microbiológica de la biopelícula

La composición de población microbiana varía a medida que el efluente fluye a través del reactor. Las diferentes especies que crecen a lo largo del mismo contribuyen a la formación de un sistema mixto. La variedad y proporción de las diferentes especies de microorganismos dependen de varios factores, como, por ejemplo: características del líquido residual a tratar, carga hidráulica, carga orgánica y disponibilidad de oxígeno. Debemos considerar también otros parámetros ambientales que si bien, para algunos autores son adicionales, contribuyen al éxito o fracaso del proceso, tales como: temperatura y pH. En las primeras etapas del proceso, diferentes poblaciones desarrollan poblaciones de bacterias del tipo filamentosas y no filamentosas, en las siguientes etapas crecen poblaciones, las cuales cuentan con mayor evolución, incluyendo, bacterias de tipo nitrificantes junto a protozoos, rotíferos y otros predadores que se vuelven dominantes (Manuel, s.f.).

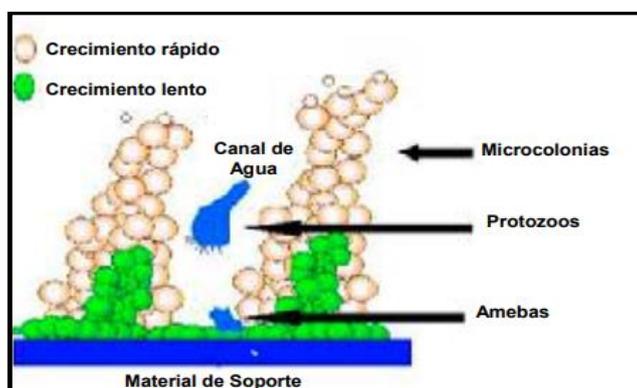


Figura 12: Microbiología de la biopelícula.

Fuente: Buswell herlihy (2016)

Cuando el afluente tiene una alta carga orgánica, la proporción entre las bacterias gram positivas y gram negativas es muy similar, sin embargo, cuando la carga orgánica decrece las bacterias dominantes son menos diversas y predominan las gram negativas. Esto es atribuible a que las bacterias gram positiva no pueden competir con gram negativas cuando el sustrato orgánico es limitado. En resumen, según Kinner, N., Balkwill, D. and Bishop, P.(9) (1982), la sucesión de microorganismos evoluciona de zooflagelados y amebas pequeñas a ciliados bacteriófagos capaces de nadar libremente y luego a ciliados carnívoros, rotíferos y amebas de mayor tamaño. La tasa a la cual este patrón de sucesión se lleva a cabo es función de la tasa de carga orgánica o concentración por unidad de superficie de discos en el sistema de RBC (Manuel, s.f.).

2.1.3.6. Cinética del crecimiento bacteriano

Las etapas que atraviesan las poblaciones de microorganismos en la formación de la biopelícula, se explican mediante la curva de crecimiento bacteriana (Manuel, s.f.).

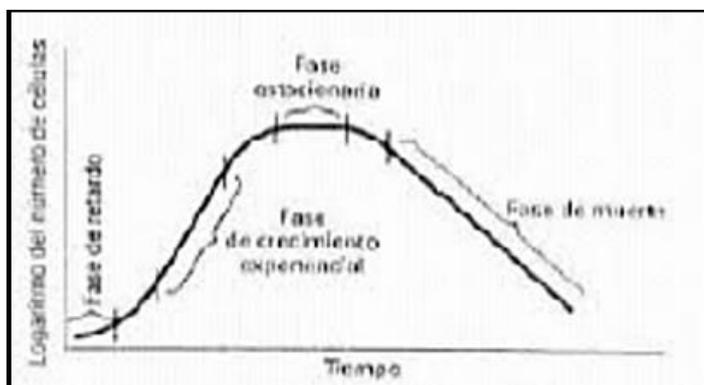


Figura 13: Curva de crecimiento bacteriano.
Fuente: Metcalf & Eddy (1996)

En la curva se pueden apreciar básicamente 4 (cuatro) etapas:

- Etapa de retardo o latencia: representa el tiempo necesario para que las bacterias se aclimaten a las condiciones ambientales y comiencen a reproducirse (Manuel, s.f.).
- Etapa de crecimiento exponencial: las células se encuentran en plena reproducción, a máxima velocidad en las condiciones dadas, debido al exceso de nutrientes. Para las bacterias el tamaño de la población crece en progresión geométrica, resultando una cinética de crecimiento del tipo exponencial. Para los microorganismos filamentosos como hongos y bacterias filamentosas el

mecanismo de replicación no supone un comportamiento exponencial, sino más bien cercano a una cinética de crecimiento lineal (Manuel, s.f.).

- Etapa estacionaria: representa el estado donde el crecimiento bacteriano se detiene, o bien, se establece un estado de equilibrio entre la reproducción de bacterias y la muerte de las mismas, una de las causas que conducen a este fenómeno es la limitación en materia de nutrientes (Manuel, s.f.).
- Etapa de decaimiento o muerte: la tasa de mortalidad de bacterias excede la generación de células nuevas. Las poblaciones bacterianas que se emplean en el tratamiento biológico de líquidos residuales deben residir un tiempo mínimo en el sistema para asegurar el crecimiento y reproducción de los microorganismos. Este período depende de la tasa de crecimiento de los microorganismos que está relacionada con la velocidad a la que metabolizan o utilizan el alimento o sustrato. La distribución de las edades de las células es tal que no todas atraviesan la fase de crecimiento exponencial al mismo tiempo, por otro lado, algunas células van muriendo y otras se van deprimiendo entre sí (Manuel, s.f.).

2.1.3.7. *Propiedades de las biopelículas*

Color: en los primeros procesos de los Biodiscos, el cual es utilizado en el tratamiento de efluentes domésticos, se encuentra que es generalmente gris o gris amarronado y filamentoso, por otro lado, en las siguientes etapas, se puede observar un color más amarronado o rojizo amarronado, de consistencia gelatinosa y con menos cantidad de filamentos. (Friedman et al., 1979; Alleman et al., 1982; Kinner et al., 1983; Lin et al., 1986) (Manuel, s.f.).

Esta biomasa presenta un tono grisáceo, el cual indica que es biomasa que remueve materia orgánica carbonosa preferentemente, mientras que la de tono rojizo amarronado presenta características donde predominan mayormente los microorganismos nitrificantes (Manuel, s.f.).

Densidad: esta variable se utiliza para correlacionarla con la difusividad relativa, fenómeno importante para la vida útil de la misma. Según literatura investigada las diferentes densidades cuentan con un rango de 8.14 mg/cm³ a 200 mg/cm³ (Manuel, s.f.).

La concentración de cantidad de oxígeno disuelto (OD) en el afluente tiene una influencia que depende directamente de la densidad de la biopelícula, al igual que depende de las fracciones de exopolímeros, la cantidad de materia orgánica, de protozoos, así como la cantidad de gusanos e insectos (Manuel, s.f.).

Erosión: el proceso de remoción de partículas de biopelícula, este biodisco varia directamente de las condiciones dinámicas del sistema, dando origen al biosólido sedimentado, el cual se forma a partir de la remoción masiva de porciones de biopelícula, las cuales que caen por gravedad debido a la fuerza de corte (Manuel, s.f.).

Espesor: A diferencia de los otros factores, este se puede medir, el espesor de la película se mide en milímetros, los flóculos se miden en milímetros, mientras que los microorganismos individuales se miden en micrones. De acuerdo a literatura investigada, según Kinner, N.; Maratea, D.; Bishop, P. 1984 (10), cuando se pone en funcionamiento un sistema de RBC, los microorganismos que se encuentran en el afluente de manera natural, empiezan a adherirse en la superficie de los discos, los cuales en un plazo de una a cuatro semanas forman una capa de espesor de 1 a 4 mm, conocida como biopelícula (Manuel, s.f.).

Alleman et al (1982) afirmó, que, en las primeras etapas del proceso, la concentración de materia orgánica es elevada, generalmente la capa conocida como biopelícula tiene mayor espesor en las primeras etapas en comparación con las etapas posteriores donde el afluente contiene menor cantidad de materia orgánica (Manuel, s.f.).

El espesor de la biopelícula se incrementa y la cantidad de oxígeno disuelto no es capaz de difundirse hasta el fondo del mismo, debido a esto los microorganismos que se encuentran en capas inferiores, que se encuentran unidas al soporte, podrían cambiar su modo de adaptación a las nuevas condiciones ambientales (anaerobiosis) (Manuel, s.f.).

El espesor de la biopelícula es inversamente proporcional a la velocidad de flujo del líquido, disminuyendo exponencialmente con los aumentos de la velocidad de rotación de los discos (Manuel, s.f.).

La biopelícula continúa creciendo hasta que llega el momento en que no recibe más oxígeno en las capas profundas, debido a esto se produce el desprendimiento de la capa bacteriana. Este desprendimiento, varía dependiendo los diferentes factores, como la velocidad de giro, el diámetro de los discos, entre otros. Después de que esto suceda una nueva película se formara, esto ocurrirá de manera indefinida (Manuel, s.f.).

2.1.3.8. Sedimentación de la biopelícula: Biosólidos

Según Cortéz Cádiz, cuando el agua residual es tratada, se generan como subproductos del tratamiento biológico, semisólidos ricos en nutrientes llamados biosólidos o lodos. Se utiliza el término biosólido para enfatizar su eminente naturaleza biológica y fomentar por ello su reutilización (Manuel, s.f.).

Los biosólidos están formados principalmente por materia celular de microorganismos excedentes del proceso y por lo tanto, se trata de materia orgánica degradable (entre un 68% y 88 %) no estabilizada, capaz de causar un impacto negativo al medio ambiente en el caso de no ser tratada adecuadamente. La generación de sólidos finales en un proceso aeróbico puede llegar a ser el doble que en un proceso anaeróbico (Manuel, s.f.).

2.1.3.9. Propiedades de los biosólidos

Para definir los procesos a emplear en el tratamiento de biosólidos es importante conocer las características físico-químicas que presentan. Éstas pueden variar en función de su origen, edad y tipo de proceso donde se han generado. Los biosólidos se caracterizan por su alto contenido de agua, la que les otorga un volumen importante y favorece sus pobres características mecánicas, pero dificulta su manejo y disposición final (Manuel, s.f.).

Las características químicas de los biosólidos están relacionadas a sus cinco constituyentes principales:

El Contenido Orgánico: este valor se expresa generalmente como porcentaje y representan los sólidos volátiles, los cuales son removidos tras someter el biosólido a una temperatura de 550°C, bajo condiciones de oxidación (Manuel, s.f.).

El Contenido de Nutrientes de los Biosólidos: estos provienen de aguas servidas domésticas, las cuales contienen elementos esenciales para el crecimiento de las plantas: nitrógeno, fósforo y potasio (NPK). Los biosólidos también pueden contener diversas formas químicas. Por ejemplo, el nitrato, amonio o nitrógeno orgánico, así como el fósforo puede estar presente el nitrógeno, por su parte, como ion fosfato y orto fosfato (Manuel, s.f.).

La Concentración de Patógenos en los biosólidos: es una masa de consistencia mayormente heterogénea, está conformada por diferentes organismos como bacterias, virus, protozoos y huevos de helmintos, los cuales, durante el proceso de depuración de las aguas servidas, se concentran (Manuel, s.f.).

El tratamiento puede reducir, sin embargo no se puede eliminar completamente tales portadores. Entre las bacterias patógenas que pueden estar presentes en los biosólidos se encuentran, por ejemplo, las Salmonellas Typhi (que produce fiebre tifoidea), Escherichia coli (que produce gastroenteritis), Shigellas (que produce disenteria), las Vibrio Cholerae (que producen diarreas extremadamente fuertes o cólera), etc. Entre los protozoos se encuentran el Cryptosporidium y otros (Manuel, s.f.).

Entre los virus encontrados en los biosólidos frescos están los causantes por ejemplo de la hepatitis A y la Poliomielitis. Los patógenos son difíciles de cuantificar, debiendo manejar indicadores que permitan estimar su reducción, como por ejemplo, los coniformes totales y fecales (Manuel, s.f.).

Los Metales en biosólidos: pueden contener cierta concentración de metales pesados, tales como: arsénico, plomo, cadmio, cromo, hierro, mercurio, molibdeno entre otros, e iones orgánicos que los contienen y son función del tipo y cantidad del residuo industrial descargado en el sistema de tratamiento de aguas servidas. Algunos de estos elementos son micronutrientes esenciales requeridos por plantas y animales lo cuales a bajas concentraciones pueden constituir un aporte el cual es nutritivo al suelo; por otro lado, altas concentraciones pueden ser tóxicos (Manuel, s.f.).

Los Compuestos Orgánicos Tóxicos en el biosólido: generado por el biodisco, puede contener compuestos orgánicos aportados por efluentes industriales, productos químicos utilizados en el hogar, plaguicidas y otros. Los principales procesos que se

aplican al tratamiento de los biosólidos son: deshidratación, espesamiento, secado, estabilización por vía aeróbica, anaeróbica (biológica) o química y desinfección para eliminación de patógenos (Manuel, s.f.).

Resulta inexcusable efectuar un tratamiento separado y específico de los biosólidos antes de su disposición, por tratarse de materia predominantemente orgánica y susceptible de fermentar, pudiendo llegar a producir contaminación del suelo y del agua. En consecuencia, los biosólidos o lodos debidamente estabilizados, constituyen nutrientes posibles de utilizar sin costos de producción. Además, si se adopta un proceso anaeróbico para la estabilización, se puede obtener adicionalmente gas metano, utilizable como combustible (Manuel, s.f.).

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Agua residual

Son aquellas que su calidad se ve afectada por el contacto con residuos (sobrantes) de las diversas actividades que se realizan, desde las aguas que son utilizadas a nivel doméstico, como aquellas que se usan en otro tipo de tareas como el caso de la ganadería o hasta de la agricultura, todo eso que se mezcla con el agua se le denomina aguas residuales (Definición, s.f.).

En términos generales se puede decir que se encuentra «contaminada», cuando intervienen diversos componentes, como grasa, detergentes, cloro, algunos restos orgánicos, los desechos de tipo industrial que casi siempre tienen químicos nocivos para la salud, contaminantes emergentes (restos de fármacos y plaguicidas) en el caso de la agricultura o ganadería, las aguas residuales contienen herbicidas, pesticidas o fertilizantes (Definición, s.f.).



Figura 14: Aguas residuales.
Fuente: Diario el universo (2018)

2.2.2. Tipos de aguas residuales

Según su procedencia:

Aguas residuales urbanas o aguas negras (ARU): Este tipo de agua es el resultado del uso del agua en las viviendas y núcleos urbanos, así como en zonas de comercio o lugares de trabajo. Es un agua residual, la cual está formada mayormente por contaminante orgánicos y sólidos sedimentables, tales como diferentes tipos de bacterias. Es el agua que desechamos al terminar nuestras necesidades básicas que pueden ser el uso del agua para una ducha, como su uso en la limpieza de platos, entre otros (Arriols, 2018). (Ver Figura 15)



Figura 15: Agua residual doméstica.
Fuente: Ingrid choez (2015)

Aguas blancas: Este tipo de agua es el que resulta procedente de la lluvia, del deshielo y la limpieza urbana. Son aquellas aguas residuales cuyo contacto con las diferentes actividades humanas han sido mínimo y, por eso, están poco contaminadas, ya que contiene residuos del tráfico vehicular y residuos vegetales (insecticidas) por

Lo que estos elementos aportan a la contaminación al drenarlo por las alcantarillas (Arriols, 2018). (Ver Figura 16)



*Figura 16: Aguas blancas.
Fuente: Semana sostenible (2018)*

Aguas residuales industriales (ARI): Este tipo de agua residual es el resultante de los diferentes procesos que se llevan a cabo debido a las diferentes actividades industriales. Este tipo de agua residual contiene los desechos de fábricas, plantas energéticas, o cualquier otro tipo de actividad, el cual fabrique a gran escala (Arriols, 2018).

Se caracteriza por contener componentes contaminantes metales pesados, entre los cuales pueden estar el plomo, el níquel, el cobre, el mercurio, o el cadmio entre muchos otros. De esta manera los elementos químicos artificiales también son contenidos aquí, en grandes cantidades y con una muy amplia variedad (Arriols, 2018). (Ver Figura 17)



*Figura 17: Aguas residuales de industria vertiendo a ríos.
Fuente: Periódico ecoticias (2018)*

Aguas residuales de Agricultura y ganadería (ARA): Este tipo de aguas residuales son menos frecuentes en la agricultura, en algunos cultivos así como en ciertos tratamientos de productos agrícolas, hacen uso del agua potable, generando de esta manera un aumento de aguas residuales, debido a todos los procesos que estos productos agrícolas deben atravesar, es por eso que la mayoría de las aguas residuales del sector primario proviene de la ganadería, especialmente de la ganadería intensiva (Arriols, 2018).

En este tipo de agua se encuentran diferentes tipos de contaminantes derivados de ciertos productos químicos que se utilizan para criar ganado, especialmente, los que se derivan de los purines de los animales, es decir los desechos fecales y los orines de los animales, estas aguas también son productos de resultados de fumigaciones (Arriols, 2018). (Ver Figura 18)



Figura 18: Aguas residuales de agrícola y ganadera.
Fuente: Periódico comunicarse (2018)

2.2.3. Agua residual domestica (aguas servidas)

Este tipo de aguas residuales son de origen principalmente residencial (desechos humanos, baños, cocina) y otros que generalmente son recolectadas por un sistema de alcantarillado en conjunto con otras actividades (comercial, servicios, industria). Este tipo de aguas residuales contiene un porcentaje de sólidos inferiores al 1%. Si bien su caudal y composición es variable, pueden tipificarse ciertos rangos para los parámetros más característicos. (residuales, 2014)

2.2.3.1. Características y Composición del agua residual domestica

Cabe señalar que no todas las aguas residuales son iguales, los componentes de las mismas son diferentes de acuerdo al uso que este hayan tenido, así, existen tres

características fundamentales que nos ayudaran en el estudio para la depuración de aguas residuales, estas son: físicas, químicas y microbiológicas, tal como se muestra en la tabla que se presenta a continuación. (residuales, 2014)

A continuación, se presenta la composición del agua residual domestica según Metcalf & Eddy en la edición 2004. (Ver tabla 1).

Tabla 1
Composición del agua residual.

(Bilge Alpaslan Kocamemi, s.f.)				
PARÁMETROS	Unidades	Débil	Mediano	Fuerte
Sólidos Totales	mg/L	390	720	1230
Totales Disueltos	mg/L	270	500	860
Totales Disueltos Fijos	mg/L	160	300	520
Totales Disueltos Volátiles	mg/L	110	200	340
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	120	210	400
Sólidos Suspendidos Fijos	mg/L	25	50	85
Sólidos Suspendidos Volátiles	mg/L	95	160	315
Sólidos Sedimentables	mg/L	5	10	20
DBO	mg/L	110	190	350
Carbono Orgánico Total	mg/L	80	140	260
DQO	mg/L	250	430	800
Nitrógeno	mg/L	20	40	70
Nitrógeno Orgánicos	mg/L	8	15	25
Amoniaco libre	mg/L	12	25	45
Nitritos	mg/L	0	0	0
Nitratos	mg/L	0	0	0
Fósforo	mg/L	4	7	12
Fósforo Orgánico	mg/L	1	2	4
Fósforo Inorgánico	mg/L	3	5	10
Cloruros	mg/L	30	50	90
Sulfato	mg/L	20	30	50
Aceites y Grasas	mg/L	50	90	100
Compuestos Orgánicos Volátiles	mg/L	<100	100-400	>400
Coliformes Totales	No./100ml	10 ⁶ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹	10 ⁷ -10 ¹⁰
Coliformes Fecales	No./100ml	10 ³ -10 ⁵	10 ⁴ -10 ⁶	10 ⁵ -10 ⁸
Alcalinidad	mg/L	50	100	200

Fuente: Bilge Alpaslan Kocamemi, Departamento de ingeniería Univ. Turquía (s.f.).

2.2.3.2. *Parámetros del agua residual domestica*

Parámetros físicos

- **Solidos totales**

Para determinar la cantidad de solidos totales, se puede estimar los contenidos de materias disueltas y suspendidas, las cuales se encuentran presentes en el agua, este resultado varía según la temperatura y la duración de la desecación. Su determinación se basa en el incremento de peso que experimenta una cápsula previamente tarada tras la evaporación de una muestra y secado a peso constante a 103-105oC (Severiche, 2013).

- **Totales disueltos**

Estos tipos de sólidos, son las diferentes sustancias que permanecen después del proceso de filtración y evaporización de una muestra bajo condiciones específicas. Este tipo de sólidos disueltos totales (SDT), lo determina el incremento de peso que experimenta una cápsula tarada, después del proceso de evaporación previamente filtrada y posteriormente secada a 180°C, temperatura en la cual la cristalización del agua está prácticamente ausente. El contenido de sólidos disueltos puede estimarse por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos totales (Severiche, 2013).

- **Totales disueltos fijos y volatiles**

Los sólidos fijos son el residuo de los sólidos totales, estos se encuentran disueltos o suspendidos, después de llevar una muestra a sequedad durante un tiempo determinado a 550°C. Se produce una pérdida de peso por ignición en los sólidos volátiles. No se puede distinguir totalmente entre la materia orgánica y la inorgánica debido a las sales minerales que se descomponen o volatilizan (Severiche, 2013).

Adicional durante el proceso de secado pueden producirse errores negativos en los sólidos volátiles por pérdida de materia volátil. Las bajas concentraciones de sólidos volátiles en presencia de altos niveles de sólidos fijos, pueden estar sujetos a errores importantes. En estos casos se recomienda su cuantificación por otro método como el de carbono orgánico total (Severiche, 2013).

- **Sólidos suspendidos totales**

Los sólidos suspendidos totales (SST) incluyen al plancton, minerales de arcilla, arena, limo, coloides agregados, materia orgánica e inorgánica finamente dividida y otros microorganismos en el agua. Pueden originarse en fuentes alóctonas³ o autóctonas, de levantamiento de tierra o resuspensión. Para la determinación de este parámetro en laboratorio, los sólidos suspendidos totales son el residuo no filtrable de una muestra de agua natural o residual industrial o doméstica. Los SST se asocian a la turbidez, color del agua, obedece también a la dinámica de los ríos, en cuanto al tipo de material del cauce y el clima de la región (precipitación) (Ramírez, 2017)

- **Sólidos suspendidos fijos**

Hablan de los sólidos que permanecen cuando se calientan los sólidos totales o suspendidos a una temperatura de 550°C. Este dato se encuentra asociado a substancias inorgánicas. Se determinan los sólidos volátiles y fijos no distinguen con precisión entre materia orgánica e inorgánica debido a que la pérdida en la ignición no se limita a la materia orgánica, sino que incluye las pérdidas debida a la descomposición o volatilización de algunas sales minerales (Reyes, 2017).

- **Sólidos suspendidos volátiles**

Son aquellos que se volatilizan a una temperatura de 550°C. Si los sólidos totales o suspendidos se someten a combustión bajo esta temperatura durante un tiempo específico, la materia orgánica se convierte a CO₂ y H₂O. Esta pérdida de peso se interpreta en términos de materia orgánica o volátil. Pertenecen a los sinnúmeros de sólidos que suelen presentarse en las aguas residuales domésticas (Reyes, 2017).

- **Sólidos sedimentables**

La cantidad de material de sólidos sedimentables, es la cantidad que se sedimenta durante un determinado período de tiempo. Se pueden determinar o expresar en función al volumen (ml/L) o de una masa (mg/L), mediante volumetría y gravimetría respectivamente. Durante los procesos de remoción se los visualiza como el sedimento asentado en los reactores (Severiche, 2013).

Este proceso se utiliza para clarificar el agua. Durante este proceso los sólidos suspendidos se separan mediante fuerzas gravitacionales; para tratar aguas residuales mediante lodos activados en una planta convencional. Existen tres tipos de sedimentación, de acuerdo con la naturaleza de las partículas sólidas que se encuentran en la suspensión: la sedimentación discreta, sedimentación floculenta y la sedimentación zonal (Rodríguez, 2013).

- **Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

Este método es el más tradicional que mide la cantidad de oxígeno que consumen los microorganismos al momento de proliferar en el agua residual y alimentarse de su materia orgánica. Esto con el propósito de evaluar el impacto en la fauna acuática de cuerpos receptores y también representa bien cuánto se puede prestar el agua como foco de infección, debido a los diferentes compuestos de carbono que tienen diferente valor como sustratos para el crecimiento de microorganismos (Microlab, 2015).

La DBO es una medición que depende de la actividad microbiana y como tal su precisión inherente es menor en comparación a métodos abióticos. Agentes tóxicos de la muestra pueden inhibir la actividad microbiana: en muestras con pH extremo o con cloro, se neutraliza el primero, se suprime el segundo y se inocula flora bacteriana nueva para garantizar la actividad microbiana, pero puede haber otros agentes inhibidores desconocidos (Microlab, 2015).

El tiempo estandarizado de incubación de la muestra es de cinco días, así como la como el consumo de oxígeno en realidad puede continuar por más tiempo, por lo que es inútil como mecanismo de control en tiempo real para un proceso de tratamiento de agua. Por estos motivos se requieren métodos que sean más rápidos y sustituyan la DBO como mecanismos de control (Microlab, 2015).

- **Carbono orgánico total**

El carbono orgánico total (TOC) es un test no específico, este no determinará qué compuestos concretos se encuentran presentes (la mayoría de las muestras son mezclas complejas que contienen miles de compuestos de carbono orgánico diferentes). El TOC informará al usuario de la suma de todo el carbono orgánico presente en estos compuestos (HACH. (s.f)).

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

Este parámetro mide la capacidad de consumo de un oxidante químico, dicromato, permanganato, etc. Así como el total de materias oxidables orgánicas e inorgánicas. La medición de este parámetro es más rápida al anterior, con una medición casi inmediata, la unidad de medida son ppm de O₂. Las aguas no contaminadas tienen valores de DQO de 1 a 5 ppm. Existe un índice el cual nos indicará el tipo de vertido, aguas arriba que tenemos en el agua que estamos analizando y es la relación (DBO / DQO) si esta es menor de 0,2 el vertido será de tipo inorgánico y si es mayor de 0,6 se interpretará que aguas arriba tenemos un vertido orgánico (Nishikiten, 2013).

Parámetros químicos

- **Nitrógeno**

La importancia que este tiene en los procesos de tratamiento, así como en el control de la calidad de las aguas y de las descargas de las aguas residuales al medio. Para determinar la cantidad de nitrógeno se utiliza el método Kjeldahl el cual es utilizado para la determinación de nitrógeno total (N_{total}), este elemento se encuentra en las aguas residuales, bajo diferentes especies nitrogenadas, como son: nitrógeno orgánico y amoniacal, nitritos, nitratos, entre otras. (Carmen, 2013).

- **Nitrógeno orgánico**

La existencia del nitrógeno de tipo orgánico en el agua, varía en diversos grados a la presencia de los aminoácidos, los polipéptidos y las proteínas (todos aquellos productos de procesos biológicos), por lo tanto, adicional a todos los elementos detallados, este también incluye el nitrógeno albuminóideo. Cuando ocurre una elevación en el contenido de nitrógeno orgánico se relaciona, comúnmente con la contaminación de una fuente de agua por aguas negras o desechos industriales. Este tipo de nitrógeno también se determina por el método Kjeldahl después de la eliminación del nitrógeno amoniacal, digestión de la muestra, destilación y titulación del amoníaco en el destilado con ácido valorado (INEN, 2013).

- **Amoniaco libre**

La cantidad de emisión de este tipo de gas amoniaco, nace a partir de aguas con elevada carga orgánica (como las aguas residuales, los purines y estiércoles ganaderos, los lixiviados de vertederos, etc.) este elemento es uno de los principales causantes de la lluvia ácida que, la cual además provoca una elevada pérdida de elementos nutrientes para la actividad económica. La captura de este gas es muy importante para el bienestar animal, ya que en lugares con mayor acumulación de estos elementos el ganado produce menos. (Ciencia, 2018).

- **Nitritos**

El nitrito se encuentra presente como ión nitrito (NO_2) o como ácido nitroso (HNO_2); la concentración de cada uno de ellos, depende del pH del agua de manera directa para el ión y de manera inversa para el ácido; ambos compuestos son extremadamente tóxicos, pero en la naturaleza el ión es más común. La toxicidad puede ser reducida con la adición de cloruros y de otras sustancias menos efectivas como el bicarbonato y el calcio. (Calvachi, 2013)

- **Nitratos**

El ion nitrato (NO_3) forma sales muy solubles y estables. Este en un medio reductor puede pasar a nitritos, nitrógeno e incluso amoníaco. Las aguas normales que contienen menos de 10 ppm, y el agua de mar hasta 1 ppm. También existen aguas con infiltraciones de zona de riego, las cuales presentan contaminantes por fertilizantes pueden tener hasta varios centenares de ppm. Los tipos de concentraciones muy elevadas en agua de bebida puede producir la cianosis infantil. Este elemento, junto con los fosfatos, en aguas superficiales, provoca la aparición de algas, así como su excesivo crecimiento. (Nishikiten, 2013).

- **Fosforo**

Este elemento se encuentra en las aguas residuales y naturales, este se presenta mayoritariamente en forma de fosfatos. Este elemento se clasifica en ortofosfatos, fosfatos condensados (piro, meta y otros polifosfatos) y fosfatos enlazados orgánicamente. Pueden encontrarse en solución, en partículas o detritus o en cuerpos

de organismos acuáticos y pueden provenir de diversas fuentes. El análisis de este elemento implica dos etapas básicas, la primera la conversión de la forma de fósforo que interesa determinar, a ortofosfatos disueltos y la segunda la determinación colorimétrica de ortofosfatos. (Severiche, 2013).

- **Fósforo orgánico e inorgánico**

Este tipo de fósforo se encuentra en aguas residuales y naturales mayormente en forma de fosfatos, fosfatos condensados o polifosfatos y fósforo orgánico e inorgánico. Estos aparecen de manera disueltos, en partículas, así como en los cuerpos de los organismos acuáticos. Se considera que el fósforo es el principal elemento limitante del crecimiento de las plantas en las aguas dulces de las zonas templadas. Debido a eso uno de los principales indicadores del grado de eutrofización de un agua; a mayor concentración de fósforo, mayor eutrofia (HUILCA, 2015).

De manera completa este elemento contiene diversos compuestos como, ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. Mediante los análisis químicos se realiza la determinación, la cual se realiza convirtiéndolos en ortofosfatos. Para la conversión del “fósforo orgánico”, en ortofosfato disueltos, es preciso realizar una digestión oxidante capaz de oxidar la materia orgánica eficazmente para liberar el fósforo como ortofosfato (Rodríguez, 2013).

- **Cloruros**

El ion cloruro Cl^- , forma sales muy solubles, este suele asociarse con el ión Na^+ lo cual ocurre en aguas muy salinas. Por otro lado, las aguas dulces contienen entre 10 y 250 ppm de cloruros, pero también se encuentran valores muy superiores fácilmente. Las aguas de tipo salobres contienen millares de ppm de cloruros, mientras que el agua de mar está alrededor de las 20.000 ppm de cloruros (Nishikiten, 2013).

- **Sulfatos**

El ion sulfato (SO_4), corresponde a sales de solubles a muy solubles. Estas aguas dulces contienen entre 2 y 250 ppm, el agua de mar alrededor de 3.000 ppm. El agua pura se satura de SO_4Ca a unas 1.500 ppm, lo que ocurre es que la presencia de otras sales de calcio aumenta la solubilidad. En bajas cantidades no perjudica seriamente al

agua, pero algunos centenares de ppm pueden perjudicar seriamente la resistencia del hormigón (Nishikiten, 2013).

- **Aceites y grasas**

Las grasas y aceites, se encuentran presentes en las aguas residuales o los efluentes tratados, estos pueden crear películas en la superficie, así como depósitos de borde de playa que llevan a la degradación del ambiente. Para decidir el tipo de tratamiento, así como el sistema a utilizar, es necesario conocer la concentración de grasas y aceites contenida en las aguas contaminadas, si se presentan en cantidades excesivas, pueden interferir con los procesos biológicos aerobios y anaerobios reduciendo la eficacia en los tratamientos de las aguas residuales. (Rodríguez, 2013).

Aceite y grasa es cualquier tipo de material soluble recuperado en un disolvente orgánico polar, el cual incluye a otros materiales extraídos por el disolvente de una muestra acidificada (Rodríguez, 2013).

- **Compuestos orgánicos volátiles**

Los compuestos orgánicos volátiles (COVs) son un grupo de compuestos orgánicos los cuales presentan características de fácil vaporización. Estos, hierven por debajo de los 250°C. Además, diferentes estudios han mostrado que las exposiciones prolongadas a estos COVs aumentan el riesgo enfermedades, incluido el cáncer. Los COVs suelen estar presentes en gasolinas, en solventes de limpieza en seco y en productos desengrasantes. Cuando un tipo almacenaje inadecuado ocurre, una disposición incorrecta o simplemente a derrames, estos químicos peligrosos pueden llegar a contaminar el agua potable (Notijenck, 2014).

- **Alcalinidad**

Este elemento se usa como medida de neutralizar ácidos. Está conformado principalmente, a la alcalinidad de una solución acuosa los iones bicarbonato (CO_3H), carbonato (CO_3), y oxidrilo (OH), también está conformado por fosfatos, ácido silícico u otros ácidos de carácter débil. Cuando entra en contacto con el agua puede producir CO_2 , el cual es un elemento muy corrosivo. Se mide en las mismas unidades que la dureza. (Nishikiten, 2013).

Parámetros microbiológicos

- **Coliformes totales**

Conformado por bacterias aerobias y anaerobias facultativas no esporulados. La reproducción de estos bacilos, fuera de los intestinos de los animales homeotérmicos (de sangre caliente), es favorecida en algunas ocasiones por distintas condiciones, las cuales pueden ser temperatura, materia orgánica, pH, y humedad. También tienen la capacidad de reproducirse en las biopelículas que se forman en las tuberías de distribución de agua potable (Cartagena (s.f)).

- **Coliformes fecales**

Conformadas por un subgrupo de los coliformes totales, estos, son de tipo bastoncitos de 0.0002-0.0003 mm por 0.002 a 0.003 mm, los cuales pueden ser aerobios/anaerobios facultativos no esporulados. La diferencia de estos, con los coliformes totales, es que los coliformes totales, pueden resistir temperaturas elevadas (creciendo a 44,5 °C), lo que les permite estar mejor adaptados a la vida al interior del animal (Cartagena (s.f)).

Se encuentran presentes en las heces humanas, entre el 90% y el 100% corresponden a *Escherichia Coli* (*E. coli*), un gramo de excremento humano contiene entre cinco mil millones y cincuenta mil millones de coliformes fecales; lo que quiere decir que más del 40% del peso húmedo de los excrementos humanos son células bacterianas (Cartagena (s.f)).

Estas bacterias son encontradas en el intestino de seres humanos y animales de sangre caliente. Se conocen como “Coliformes termotolerantes”, debido a que pueden multiplicarse a temperaturas por encima de 44°C y fermentar la lactosa, el azúcar. Cuando estas bacterias se encuentran en el agua, indica fuertemente que el agua estaba contaminada con heces fecales (caca) o aguas servidas (aguas negras) (Aire Libre.Cl, 2016).

2.3. Marco Legal

2.3.1. Ley de la Constitución del Ecuador

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida (Tulas, 2017).

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

- Ítem N. ° 4 Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley (Tulas, 2017).

Art. 282.- El Estado regulará el uso y manejo del agua de riego para la producción de alimentos, bajo los principios de equidad, eficiencia y sostenibilidad ambiental (Tulas, 2017).

Art. 318.- El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua. La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias (Tulas, 2017).

El Estado fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos, mediante el incentivo de alianzas entre lo público y comunitario para la prestación de servicios (Tulas, 2017).

El Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación. Se requerirá autorización del Estado para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la ley (Tulas, 2017).

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua (Tulas, 2017).

Art. 412.- La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico (Tulas, 2017).

2.3.2. Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS)

Art. 209. De la calidad del agua.

Son las características físicas, químicas y biológicas que establecen la composición del agua y la hacen apta para satisfacer la salud, el bienestar de la población y el equilibrio ecológico. La evaluación y control de la calidad de agua, se la realizará con procedimientos analíticos, muestreos y monitoreos de descargas, vertidos y cuerpos receptores; dichos lineamientos se encuentran detallados en el Anexo I. En cualquier caso, la Autoridad Ambiental Competente, podrá disponer al Sujeto de Control responsable de las descargas y vertidos, que realice muestreos de sus descargas, así como del cuerpo de agua receptor (Tulas, 2017).

Toda actividad antrópica deberá realizar las acciones preventivas necesarias para no alterar y asegurar la calidad y cantidad de agua de las cuencas hídricas, la alteración de la composición físico-química y biológica de fuentes de agua por efecto de descargas y vertidos líquidos o disposición de desechos en general u otras acciones negativas sobre sus componentes, conllevará las sanciones que correspondan a cada caso (Tulas, 2017).

Art. 210. Prohibición.

De conformidad con la normativa legal vigente:

- a) Se prohíbe la utilización de agua de cualquier fuente, incluida las subterráneas, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados (Tulas, 2017).
- b) Se prohíbe la descarga y vertido que sobrepase los límites permisibles o criterios de calidad correspondientes establecidos en este Libro, en las normas técnicas o anexos de aplicación (Tulas, 2017).
- c) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, en quebradas secas o nacimientos de cuerpos hídricos u ojos de agua (Tulas, 2017).
- d) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, sobre cuerpos hídricos, cuyo caudal mínimo anual no esté en capacidad de soportar la descarga; es decir que, sobrepase la capacidad de carga del cuerpo hídrico (Tulas, 2017).

La Autoridad Ambiental Nacional, en coordinación con las autoridades del Agua y agencias de regulación competentes, son quienes establecerán los criterios bajo los cuales se definirá la capacidad de carga de los cuerpos hídricos mencionados (Tulas, 2017).

Art. 211. Tratamiento de aguas residuales urbanas y rurales.

La Autoridad Ambiental Competente en coordinación con la Agencia de Regulación y Control del Agua, verificará el cumplimiento de las normas técnicas en las descargas provenientes de los sistemas de tratamiento implementados por los Gobiernos Autónomos Descentralizados. Las actividades productivas, se sujetarán a lo dispuesto en el presente Libro y a la normativa técnica que para el efecto emita la Autoridad Ambiental Nacional (Tulas, 2017).

La gestión y el mantenimiento de sistemas de tratamiento de agua deberán ser monitoreados y evaluados por medio de los mecanismos de control y seguimiento establecidos en este Libro (Tulas, 2017).

Libro VI – Anexo #1

2.3.3. Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.

Las descargas al sistema de alcantarillado provenientes de actividades sujetas a regularización, deberán cumplir, al menos, con los valores establecidos en la TABLA 9 del Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), en la cual las concentraciones corresponden a valores medios diarios (Tulas, 2017). (Ver Tabla 2)

Tabla 2:

Límites de descarga al sistema de alcantarillado público según normas TULAS

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Solubles en hexano	mg/l	70
Explosivos o inflamables.	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	A l	mg/l	5
Arsénico total	A s	mg/l	0,1
Cadmino	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	1
Cinc	Zn	mg/l	10
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Hierro total	F e	mg/l	25
Manganeso total	Mn	mg/l	10
Mercurio (total)	Mn	mg/l	0,01
Níquel	N i	mg/l	2
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1

Plata	A g	mg/l	0,5
Plomo	P b	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	p H		6 a 9
Selenio	S e	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables		mg/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO ₄ - 2	mg/l	400
Sulfuro	S	mg/l	1
Temperatura	oC		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1

Fuente: (Tulas, 2017).

2.3.4. Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce y agua marina.

En condiciones especiales de ausencia de estudios del cuerpo receptor, falta de definición de usos del agua (como es el caso de pequeñas municipalidades que no pueden afrontar el costo de los estudios), se utilizarán los valores de la TABLA 10 del Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS), de limitaciones a las descargas a cuerpos de agua dulce, en forma temporal, con el aval de la Autoridad Ambiental Competente. Las concentraciones corresponden a valores medios diarios (Tulas, 2017).

Los lixiviados generados en los rellenos sanitarios cumplirán con las normas fijadas considerando el criterio de calidad de acuerdo al uso del cuerpo receptor (Tulas, 2017). (Ver Tabla 3)

Tabla 3:
Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2
Boro Total	B	mg/l	2
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	10000
Color real l	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr+ 6	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5
Fluoruros	F	mg/l	5
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	2
Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1

Plomo	P b	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6a 9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sulfatos	SO4 - 2	mg/l	1000
Sulfuros	S - 2	mg/l	0,5
Temperatura	oC		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1

Fuente: (Tulas, 2017).

Toda descarga a un cuerpo de agua marina, deberá cumplir, por lo menos con los siguientes parámetros (Tulas, 2017). (Ver tabla 4)

Tabla 4:

Límites de descarga a un cuerpo de agua marina.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas		mg/l	0,3
Arsénico total	As	mg/l	0,5
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5
Bario	Ba	mg/l	5
Cadmino	Cd	mg/l	0,2
Cianuro total	CN	mg/l	1
Cobre	Cu	mg/l	10
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	nmp/100 ml	mg/l	1Remocion>al 99,9%
Color real	Color real	Unidad es de color	*Inapreciable en dilución: 1/20
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2

Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	250
Fósforo Total	P	mg/l	10
Fluoruros	F	mg/l	5
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	p H		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,2
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sulfuro	S	mg/l	0,5
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Carbamatos totales	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,25
Temperatura	oC		< 35
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
cinc	Zn	mg/l	10

Fuente: (Tulas, 2017).

CAPÍTULO III

3. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. Metodología

El desarrollo de este proyecto consiste en instalar y operar una planta piloto para el tratamiento de aguas residuales domesticas evaluando la factibilidad de usar biodiscos con el fin de cumplir con el objetivo especificado. Para esto es importante partir de una metodología de acuerdo a las posibilidades del proyecto (económicas, sociales, tecnológicas, etc.). Dentro de estas posibilidades se encuentra la de utilizar un sistema de discos de polietileno y un material de efecto filtrante para retener toda biomasa concentrada en el agua. También se aborda la integración de las etapas que constituyen el eje central de actividades y estudios desarrollados. Las etapas identificadas en esta metodología son: planeación, diseño, construcción y operación, las cuales se desarrollan en este capítulo al considerarse parte del proceso de instalación de la planta de tratamiento (Significados, 2018).

3.1.1. Investigación Experimental

En este proyecto de investigación es de tipo experimental debido a que es un ensayo o experimento con el fin de obtener resultados de un muestreo, para objeto de un análisis, comparación y aportación de ideas. Esta investigación consiste en la manipulación de un objeto, líquido o volumen no comprobado anteriormente con la finalidad de descubrir: ¿por qué?, ¿cómo?, ¿cuándo? o ¿para qué? causa se realizan esas distintas reacciones, actividades o volúmenes de un objeto. Para dicha investigación el usuario tiene que provocar la reacción del objeto. En otras palabras el usuario tiene que estar realizando el experimento de algún objeto y tomando notas de su investigación de acuerdo a lo que el usuario desea saber o investigar (Slide Share, 2013).

3.1.2. Alcance

La presente investigación se pretende sirva como una alternativa para el diseño, operación y mantenimiento usando un sistema de biodiscos económico y de alta

eficiencia, para el tratamiento de aguas residuales domésticas en las comunidades que no cuentan con sistema de alcantarillado público. Al mismo tiempo, se planea usar el prototipo con fines didácticos en el área de ingeniería ambiental, utilizando este sistema de tratamiento con el fin de fortalecer la formación de los alumnos de ingeniería civil y del programa de especialización en Ingeniería Sanitaria (Slide Share, 2013).

Enfoque: En esta investigación el enfoque es cuantitativo, dado que se realiza una amplia recolección, toma de información, datos y magnitudes numéricas entre las cuales podemos determinar los diferentes ensayos que se trabajaron durante los experimentos que ayudaron a calificar el procedimiento obtenido a lo establecido en la normativa ambiental (Técnicas de investigación (s.f.)).

3.1.3. Técnicas de la investigación.

Hacer una investigación requiere, como ya se ha mencionado, de una selección adecuada del tema objeto del estudio, de un buen planteamiento de la problemática a solucionar y de la definición del método científico que se utilizará para llevar a cabo dicha investigación. Aunado a esto se requiere de técnicas y herramientas que auxilien al alumno a la realización de su investigación, en este caso al desarrollo de su tesis. Entre las técnicas más utilizadas y conocidas se encuentran:

- La investigación documental.
- La investigación de campo.

Investigación documental: La investigación de carácter documental se apoya en la recopilación de antecedentes a través de documentos gráficos formales e informales, cualquiera que éstos sean, donde el investigador fundamenta y complementa su investigación con lo aportado por diferentes autores. Los materiales de consulta suelen ser las fuentes bibliográficas, iconográficas, fonográficas y algunos medios magnéticos (Técnicas de investigación (s.f.)).

Investigación de campo: La investigación de campo es la que se realiza directamente en el medio donde se presenta el fenómeno de estudio. Entre las herramientas de apoyo para este tipo de investigación se encuentran: el cuestionario,

la entrevista, la encuesta, la observación, la experimentación (Técnicas de investigación (s.f)).

Población y muestra: Este presente trabajo tiene como parte del diseño y ensayos para una cantidad de 500 personas por las dimensiones con que se diseña la planta piloto, abastecer a varias familias y en casos darse un ensayo con la facultad de Ingeniería civil de la Universidad Laica. Ese experimento no aplica ningún tipo de muestra debido que no se realizó encuestas para poder diseñar y realizar los experimentos, en la parte de investigación documental fue el sustento para poder implementar la planta piloto con las literaturas obtenidas para este proyecto.

3.2. Construcción y descripción para el diseño de la planta piloto

3.2.1. Diseño de los discos

- **Dimensiones**

La fabricación del material de los discos es de acrílico, por su resistencia ya que es apto para soportar altas temperaturas, el espesor con que se fabricó este disco es de 2mm, con un diámetro general de 28cm por cada disco.

- **Numero de discos**

Para calcular el número de discos en el eje que servirán de soporte en la planta piloto, se utilizó la siguiente formula:

$$N = \frac{L}{S + B}$$

Donde

L=eje central (m)

S=separación entre discos (m)

B=espesor de discos (m)

$$N = \frac{(0.46)m}{(0.03)m + (0.002)m} = 14.375 = 14 \text{ discos}$$

- **Biodisco**

El biodisco está conformado por los discos de acrílico, malla de plástico y el mineral aluminosilicatos “zeolita”. (Ver figura 19).



*Figura 19: Llenado de Zeolita dentro de los discos.
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)*

- **Número de Biodiscos**

Para calcular el número de biodiscos de los discos calculados a utilizar en la planta piloto, se utilizó la siguiente formula:

$$N_B = \frac{N}{2}$$

Donde

N= número de discos (u)

$$N_B = \frac{14}{2} = 7 \text{ biodiscos}$$

Área Lateral de Biodisco

Para calcular el área lateral del biodisco, se utilizó la siguiente formula:

$$A_L = \pi x r^2$$

Donde

R=radio de disco (m)

$$A_L = \pi x (0.14)^2 = 0.0615m^2$$

- **Área Base de Biodisco**

Para calcular el área base del biodisco, se utilizó la siguiente fórmula:

$$A_B = 2\pi r l$$

Donde

L= longitud total de biodisco (m)

$$A_B = 2(\pi)(0.14)(0.034) = 0.0299m^2$$

- **Área total del Biodisco**

Para calcular el área general del biodisco, se utilizó la siguiente fórmula:

$$A_T = 2A_L + A_B$$

Donde

A_L =área lateral del biodisco (m²)

A_B =área base del biodisco (m²)

$$A_T = 2(0.0615) + 0.0299 = 0.1529m^2$$

- **Porcentaje de área sumergida del disco**

De los estudios implementados con reactores a pequeña escala, se determina un porcentaje de área sumergida del disco del 40%, siendo éste el dato más común. Porcentajes más altos de sumergencia implica poca exposición del disco a la atmósfera y por ende disminuye la oxigenación de la biopelícula y del reactor, además implica mayor contacto del eje con el agua aumentando el deterioro de este componente. Porcentajes más bajos posibilita mayor exposición de la biopelícula a la atmósfera, sin embargo, se dificulta transferir el oxígeno del disco al agua al estar poco sumergido.

- **Área efectiva de biodiscos para tratamiento**

Obtenido el cálculo del área total de los discos, y de acuerdo con el porcentaje sumergido, habrá una superficie en el centro del disco que no está en contacto con el agua y que es ocupado por el eje, esta área no sumergida debe restarse porque no aporta biopelícula y por lo tanto tampoco al tratamiento.

Calculo compuesto mediante la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\pi}{2} \times N_t (D^2 - d^2)$$

Donde

N_t =número de biodiscos (adimensional)

D =diámetro biodiscos (m)

d =diámetro de superficie no sumergida (m)

Para obtener el área de tratamiento de los biodiscos posteriormente se debe establecer lo que vale “d”, y éste se determina a partir del ángulo (\emptyset). De acuerdo con varios autores, cuando se trabaja con un porcentaje de sugerencia del 40%, el ángulo (\emptyset) que subtiende la superficie mojada con vértice en el centro del disco es igual a 162°.El valor de “d” para ese ángulo dio 0,04 m, el cual puede hallarse por trigonometría o mediante cálculos.

$$A_{Ef} = \frac{\pi}{2} \times 7 (0.28^2 - 0.04^2) = 0.8468m^2$$

3.2.2. Diseño del equipo

Dimensiones

- **Base**

El diseño de la planta piloto es tipo trapezoidal el cual se obtuvo como base lo siguiente:

Base mayor= 40cm

Base menor= 30cm

- **Altura**

La altura promedio para el diseño es de 20cm

- **Longitud**

La longitud de la planta se establece sumando el espacio necesitado para los 7 biodiscos con sus respectivos espaciamentos, de acuerdo con las siguientes consideraciones.

Para la longitud de cada etapa se determina así:

$$L = (e \cdot n + a(n - 1)) + b$$

Donde

E=Espesor de los biodiscos (m)

N=Número de discos

A=Distancia entre discos (m)

B=Distancia adicional en entremos de biodiscos (m)

$$L = (0.0034 \times 7 + ((0.03)(7 - 1))) + 0.04 = 0.46m$$

3.2.2.1. Diseño Mecánico y de transmisión

Antes del motor que se va a suministrar para ensamblarlo con la planta piloto, se evalúan los siguientes puntos de diseño:

- Planta piloto con dimensiones pequeñas.
- Eje soportado en ambos extremos por horquilla de metal (chumaceras) que generen poca fricción.
- Los discos estarían parcialmente sumergidos en agua por lo tanto existe una fuerza de repulsión que permite facilitar aún más el giro y que la velocidad de giro de los biodiscos varían.

Con estos puntos descritos se dedujo para el buen uso de funcionamiento se requirió un motor monofásico, provisto por un rotor giratorios mecánico alternativo que ayudan al funcionamiento del equipo.

- **Eje**

Se utilizó un eje de acero inoxidable de $\frac{3}{4}$ pulgada introducido dentro de la planta piloto, para darle facilidad al giro tiene soporte en ambos extremos por horquillas de metal (chumaceras), que a su vez se apoyan en el soporte de la planta. Mediante estudios y análisis el diámetro usado para el eje permite aguantar cargas de peso más altas de lo usual como la adherencia de biopelícula en los discos o la instalación de más discos.

- **Motor**

Para este tipo de diseño se usó un motor marca reliance con un modelo de corriente continuo, esencial para este tipo de planta piloto por las diferentes variaciones especificadas para el análisis de comportamiento estudiados.

- **Batería**

Para las diferentes velocidades se usó una batería de 12 voltios para velocidades mínima y para aumentar la velocidad se usó una batería de 20 voltios con un potenciómetro para regular la velocidad para tratamiento.

- **Velocidad de rotación**

De acuerdo con la elección se establece que para hallar la velocidad real del eje de rotación de los discos se obtiene mediante el tiempo de girado de los discos con un manipulador de velocidades implementado en la planta piloto que se adaptada a la batería usada para el funcionamiento, por el cual su rotación se fijó en velocidades determinadas para este estudio de diseño los cuales fueron 5,10 y 15 rpm.

3.2.3. Parámetros de diseño

A continuación, se detallan las características generales de los materiales que utilizaron en la planta piloto:

- **Base (reactor)**

Tabla 5:
Características Base (reactor).

Características	Dimensiones y componentes
Base menor	0.40m
Base mayor	0.30m
Largo	0.46m
Altura	0.20m

Fuente: (Blanco & Guzman, 2020).

- **Eje**

Tabla 6:
Características eje de equipo.

Características	Dimensiones y componentes
Material	Acero inoxidable
Diámetro	$\frac{3}{4}$ pulg
Longitud	0.46m

Fuente: (Blanco & Guzman, 2020).

- **Biodisco**

Tabla 7:
Características Biodiscos.

Características	Dimensiones y componentes
Material	Acrílico + zeolita + malla plástica
Diámetro	0.28m
Espesor	0.034mm
Porcentaje de área sumergida	Alrededor 40%
Número a utilizar	7
Espacios entre discos	0.03m
Área efectiva para tratamiento	0.85m ²

Fuente: (Blanco & Guzman, 2020).

- **Motor**

Tabla 8:

Características de motor.

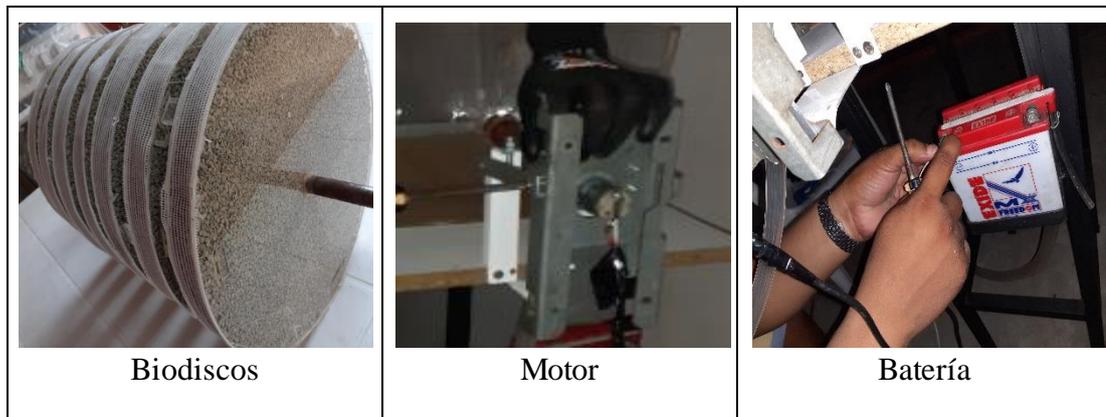
Características	Dimensiones y componentes
Marca	Reliance
Modelo motor	De corriente continuo
Modelo reductor	motorreductor
Tipo (fase)	Línea positiva L(+) (-)
Voltaje	12V
Potencia	12W
Frecuencia	60 Hz
Amperaje	1.2
RPM	5-10-15

Fuente: (Blanco & Guzman, 2020).

3.2.4. Ensamblaje de diseño

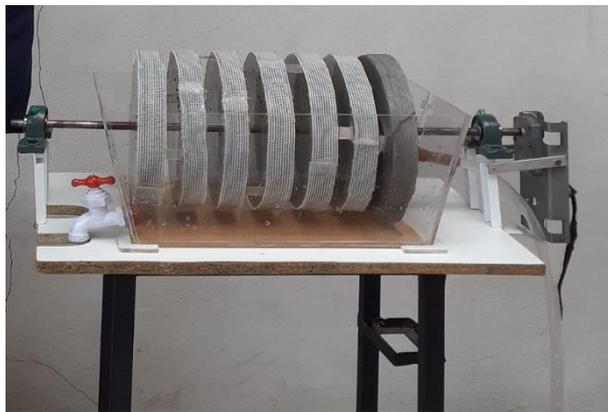
Mediante los cálculos de diseño establecidos, la modelación de la planta elaborado como en programas de diseño de modelación de diseños y de acuerdo con los materiales utilizados para cada componente, se procedió al ensamblaje de nuestra planta piloto como se detalla a continuación:





*Figura 20: Materiales requeridos.
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)*

Culminado el ensamblado de los elementos que conformaron la planta piloto usando biodiscos, está lista para su funcionamiento. (Ver figura 21)



*Figura 21: Planta piloto usando biodiscos..
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)*

3.3. Operación de los biodiscos

Antes de poner en funcionamiento la planta piloto se obtuvo el agua residual proveniente de una planta de tratamiento de un complejo habitacional ubicado en vía la puntilla, obteniendo un agua residual con procedimiento primario, debido que el método diseñado en nuestra planta es de tratamiento secundario, con el fin de demostrar que estos procedimientos por fases mejoran los resultados estudiados para lograr mejores métodos de estudios. Este tipo de agua que pasa por un pre-tratamiento donde se retira los sólidos de mayor tamaño por medio de rejillas, para retener toda la basura acumulada que se encuentra mezclada con el agua residual.

3.3.1. Obtención del agua residual doméstica.

El agua residual doméstica se obtuvo de la Planta de Tratamiento de aguas residuales (EDAR) de lodos activados de la urbanización Laguna del Sol, ubicada en el km 8 vía a Samborondón. (Ver figura 22). De acuerdo con el mapa de riesgos y recursos EDAR “Laguna del Sol” indicando los reglamentos adecuados para el uso de EPP- equipo de protección personal, fue uno de las normas principales para poder extraer el agua residual, los cuales se usó como: guantes de caucho, mascarillas, cabo y baldes de plástico. Agua residual adquirida dentro de la estación de bombeo de la planta de lodos activados, necesario para evaluar los tratamientos adecuado usando biodiscos (Ver figura 23).



Figura 22: Planta de tratamiento de aguas residuales
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)



Figura 23: Estación de bombeo urbanización laguna del sol (planta de tratamiento de lodos activados)
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)

Para extraer el agua residual se utilizó un cabo con un pequeño balde plástico, ya que el agua residual se encontraba a una profundidad de 5 metros debajo del nivel de la superficie, para hacer esto se utilizó los implementos de protección personal como los guantes de caucho, mascarilla y ropa que se desechara al terminar la extracción total. (Ver figura 24). Una vez extraída se la envaso en baldes plásticos de 20 litros, en total se recolectaron 160 litros en 8 baldes de plástico, volumen adecuado y necesario para las pruebas que se realizaran en la planta piloto. (Ver figura 25).



Figura 24: Uso de Protección personal para obtención del agua residual
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)



Figura 25: Extracción del agua residual
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)

Luego se procedió a recolectar el inoculo, el cual se extrajo del “tanque de aireación”, este componente ayudara en el proceso de tratamiento a generar mayor sedimentación de biomasa creada por las películas liquidas durante el proceso de tratamiento con los biodiscos (Ver figura 26). En este tanque se puede presenciar el agua muy turbia debido a que ya se están formando los lodos y para extraer esta agua se usaron los implementos necesarios de protección. Se usó un balde y un tanque de reservorio para envasarla, cabe recalcar que para los procesos se necesitaron 9 litros a ser extraídos diariamente ya que pasada las 24 horas esta empieza a perder sus propiedades y hay que tomar aquella agua en menos de ese tiempo para emplearlo durante el proceso de llenado de la planta piloto. (Ver figura 27).



Figura 26: Laguna de aireación de planta de tratamiento
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)



Figura 27: Extracción de agua residual de Laguna de aireación
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)

- **Vertido del agua residual doméstica.**

El agua residual envasada y recolectada de la planta de tratamiento EDAR, antes de ser usada y puesta en el tanque usado como inicio de proceso se le paso a través de una malla para extraer los sólidos, que en caso de aparecer se queden en la misma malla y solamente usar el agua libre de estas partículas. (Ver figura 28).



*Figura 28: Extracción Vertido del agua residual domestica a la planta piloto
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)*

3.4. Fases de la operación

Un proceso de Biodiscos consiste en la repetición de fases bien definidas en el tiempo. Estas son: llenado, reacción, sedimentación y vaciado. En su operación típica las fases de llenado y vaciado se hacen considerando flujos de agua constantes. Por otro lado, el tiempo de reacción generalmente es fijo, depende de cada caso en particular y es determinado heurísticamente (Paredes, 2015).

- **Etapa de llenado**

La etapa de llenado es la primera de las cuatro en el proceso de remoción anaeróbica de DBO_5 , tomando en cuenta los ensayos que se vayan a realizar, hay que trabajar con el mismo caudal para todos los procesos y así determinar una comparación (Paredes, 2015).

- **Etapa de reacción.**

La segunda etapa es la de reacción también conocida como mezclado, en la cual el agua residual será intervenida mediante revoluciones o giros y así poco a poco formar

la biomasa. Cabe recalcar que en esta etapa se empiezan a separar los sólidos donde empieza la degradación de los mismos hacia el fondo del recipiente. Esta fase suele durar de 1,5 a 4 horas. En la fase de reacción se completan los procesos bioquímicos iniciados en la fase de llenado, como lo son la eliminación de la materia orgánica, la nitrificación y la desnitrificación (Paredes, 2015).

- **Etapa de sedimentación**

La tercera etapa es la de sedimentación, en la cual los sólidos se degradan al fondo del tanque para formar el sedimento, para una buena decantación se deja el agua residual en reposo por un tiempo prolongado después de la mezcla para que de esta manera haya un mejor asentamiento de los floculos. Se puede observar claramente como baja considerablemente la turbiedad del agua de caudal de entrada o agua no procesada, también se observa como se ha formado el volumen de sedimento en el fondo, mientras más sólidos se observe al fondo del recipiente es un indicador que la remoción se ha efectuado de manera correcta (Paredes, 2015).

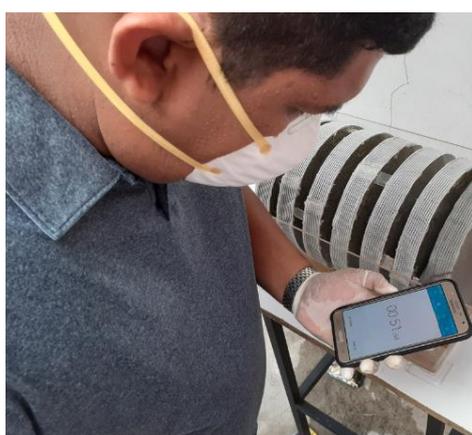
La obtención del lodo es otro paso importante en la operación de este tipo de reactores, que afecta en gran medida el rendimiento. Su objetivo es la regulación de la concentración de sólidos en el lodo en el reactor. Este lodo podría obtenerse al final de la fase de reacción o durante la fase de sedimentación (Paredes, 2015).

- **Etapa de vaciado.**

La última etapa es la de vaciado, en la cual se ejecuta la extracción del agua ya tratada para analizarla en el laboratorio y deducir los resultados de remoción. El agua residual se nota más clara a comparación al líquido no tratado, donde se debe tomar la muestra aproximadamente cinco a diez centímetros desde la lámina de agua. Durante este período se extrae el efluente del interior del tanque. El sobrenadante clarificado se descarga del reactor como efluente, mediante un mecanismo que debe ser diseñado y operado de manera que se evite que el material flotante sea descargado. El exceso de lodo activado residual también se remueve (Paredes, 2015).

3.4.1. Proceso de Remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) del agua residual doméstica usando biodiscos

Antes de ejecutar las pruebas con la planta piloto se realizó una prueba de comprobación con agua potable para estar seguro que los elementos conformados del reactor están bien instalados, y tomar apuntes de ciertos criterios que se deben tomar en cuenta como la abertura del caudal entrante por la manguera conectada por la llave de paso del reservorio del agua residual sin tratar estén bien ensamblados, las diferentes velocidades de revoluciones por minuto (rpm) y los tiempos que serán empleados en cada etapa del proceso. (Ver figura 29).



*Figura 29: Inspección de revoluciones por minuto (rpm)
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)*

3.4.1.1. Procesos

Antes de tomar las muestras, el laboratorio ambiental “Grupo Químico Marcos”, el cual se encuentra acreditado por la SAE (servicio de acreditación ecuatoriana), fue el encargado de recepcionar los informes de ensayos, mediante inducción realizada se indicó que el método de toma de cada muestra se debía realizar con implementos de uso personal, en recipientes de plásticos transparentes, esterilizados y estos ser llevados en una hielera ya que para la recepción debían entrar con temperaturas bajas. (Ver figura 30).



*Figura 30: Recipientes para cada toma de muestreo
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)*

Ingreso de caudal de entrada (martes 4 de febrero)

Luego del recolectado y vertido de agua residual doméstica en el tanque de inicio de la planta piloto, se toma la primera muestra de entrada en los recipientes indicados por el laboratorio ambiental e indicando los siguientes datos como: hora de muestra, número de muestra, lugar de muestra, matriz de la muestra y punto e identificación de la muestra. (Ver figura 31).



*Figura 31: Toma de muestra #1 entrada de agua residual domestica a planta piloto
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)*

Primer proceso usando zeolita en biodisco (martes 4 de febrero)

- **Etapas de llenado**

El segundo proceso de prueba comenzó a las 09H50 am, mediante cronometro se tomó un tiempo de 5 minutos de duración de llenado del agua residual proveniente de la estación de bombeo para una altura de 9cm en planta piloto (Ver figura 32), después se continuó con las siguientes etapas.



Figura 32: Toma de tiempo de llenado
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)

- **Etapa de reacción**

A las 10H00 am empezó el proceso de funcionamiento de los biodiscos usando zeolita, con una revolución de 5 RPM de giro, para su determinación se realizó un proceso de tres ciclos de treinta minutos de remoción y quince minutos de descanso entre cada periodo, al terminar las dos horas el sedimento toma forma en el fondo del acrílico (Ver figura 33), y finalizando el ciclo de reacción da paso a la siguiente etapa.

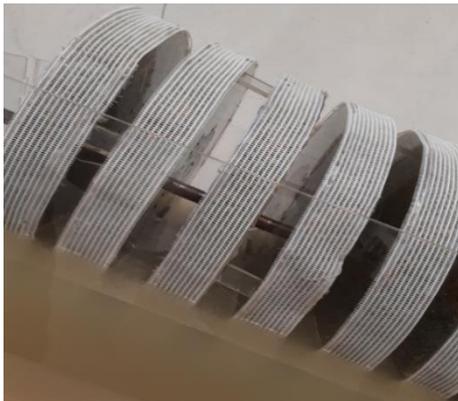


Figura 33: Biodiscos en tratamiento.
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)

- **Etapa de sedimentación**

Una vez realizado la etapa de reacción de los biodiscos por ciclos, se procedió a dejar en reposo el agua residual removida para que los sedimentos generados de la biomasa se acumulen en el fondo del reactor, de esta manera se dejó por diez horas establecidas en esta etapa (Ver figura 34).



*Figura 34: Sedimentación de la biomasa
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)*

- **Etapa de muestreo y vaciado**

Después del periodo de sedimentación se procedió a tomar la muestra correspondiente, donde se puede ver el agua estaba más clara respecto al caudal inicial de entrada. También dio como resultado 1.5 centímetros de sedimentación que equivale a 1.8 litros de sólidos asentados en el fondo, luego de la recolección del muestreo se procedió a vaciar el agua tratada por el paso de manguera como desfogue para el siguiente tratamiento.

Segundo proceso usando biodiscos sin zeolita (martes 4 de febrero)

- **Etapa de llenado**

El tercer proceso de prueba comenzó a las 22H50 pm, mediante cronometro se tomó un tiempo de 5 minutos de duración de llenado del agua residual, para una altura de 9cm en planta piloto, después se continuó con las siguientes etapas.

- **Etapa de reacción**

A las 23H00 pm empezó el proceso de funcionamiento de los biodiscos sin zeolita, con una revolución de 5 RPM de giro, para su determinación se realizó un proceso de tres ciclos de treinta minutos de remoción y quince minutos de descanso entre cada periodo, al terminar las dos horas el sedimento toma forma en el fondo del acrílico (Ver figura 35), y finalizando el ciclo de reacción da paso a la siguiente etapa.

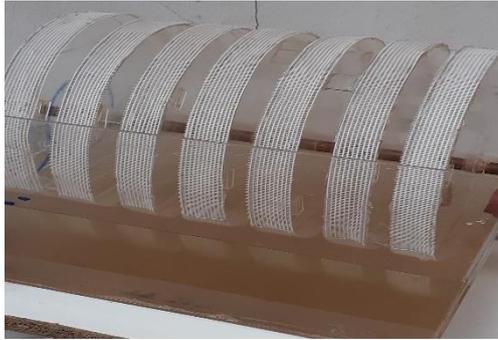


Figura 35: Biodiscos sin zeolita
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)

- **Etapa de sedimentación**

Una vez realizado la etapa de reacción de los biodiscos por ciclos, se procedió a dejar en reposo el agua residual removida para que los sedimentos generados de la biomasa se acumulen en el fondo del reactor, de esta manera se dejó por diez horas establecidas en esta etapa (Ver figura 36). Pero, luego del tiempo indicada ara la sedimentación se logró observar y analizar que no se generó ni biopelícula ni biomasa en esta etapa.



Figura 36: Etapa de sedimentación.
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)

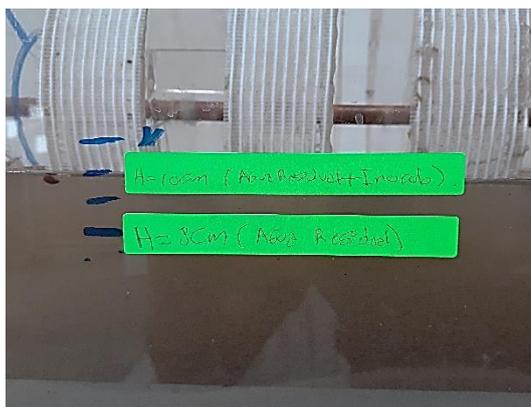
- **Etapa de muestreo y vaciado**

Después del periodo de sedimentación se procedió a tomar la muestra correspondiente, en esta remoción no dio como resultado la sedimentación equivalente, se procedió con la recolección del muestreo para proceder a vaciar el agua tratada por el paso de manguera como desfogue para el siguiente tratamiento de estudio de remoción.

Tercer proceso (jueves 6 de febrero)

- **Etapa de llenado**

El cuarto proceso de prueba comenzó a las 09H50 am, mediante cronometro se tomó un tiempo de 4 minutos de duración de llenado del agua residual proveniente de la estación de bombeo para una altura de 8cm y 1 minuto de duración de llenado de inoculo proveniente de la laguna de aireación de lodos activados para una altura de 2cm en planta piloto (Ver figura 37), después se continuó con las siguientes etapas.



*Figura 37: Altura de llenado entre agua residual más inoculo
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)*

- **Etapa de reacción**

A las 10H00 am empezó el proceso de funcionamiento de los biodiscos sin usar zeolita, con una revolución de 10 RPM de giro, para su determinación se realizó un proceso de tres ciclos de treinta minutos de remoción y quince minutos de descanso entre cada periodo, al terminar las dos horas el sedimento toma forma en el fondo del acrílico (Ver figura 38), y finalizando el ciclo de reacción da paso a la siguiente etapa.

- **Etapa de sedimentación**

Una vez realizado la etapa de reacción de los biodiscos por ciclos, se procedió a dejar en reposo el agua residual removida para que los sedimentos generados de la biomasa se acumulen en el fondo del reactor, de esta manera se dejó por diez horas establecidas en esta etapa (Ver figura 38).



*Figura 38: Sedimentación de la biomasa
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)*

- **Etapa de muestreo y vaciado**

Después del periodo de sedimentación se procedió a tomar la muestra correspondiente, se obtuvo resultado 4.5 centímetros de sedimentación de altura de biomasa asentada en el fondo, luego de la recolección del muestreo se procedió a vaciar el agua tratada por el paso de manguera como desfogue para el siguiente tratamiento.

Cuarto proceso (jueves 6 de febrero)

- **Etapa de llenado**

El quinto proceso de prueba comenzó a las 22H50 pm, mediante cronometro se tomó un tiempo de 4 minutos de duración de llenado del agua residual proveniente de la estación de bombeo para una altura de 8cm y 1 minuto de duración de llenado de inoculo proveniente de la laguna de aireación de lodos activados para una altura de 2cm en planta piloto, después se continuó con las siguientes etapas.

- **Etapa de reacción**

A las 23H00 pm empezó el proceso de funcionamiento de los biodiscos usando zeolita, con una revolución de 10 RPM de giro, para su determinación se realizó un proceso de tres ciclos de treinta minutos de remoción y quince minutos de descanso entre cada periodo, durante su funcionamiento se pudo observar que se generó películas liquidas en la malla y láminas de materia orgánica en los discos de acrílico generadas en su reacción (Ver figura 39), finalizando el ciclo de reacción da paso a la siguiente etapa.



*Figura 39: Película líquida generado en etapa de reacción.
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)*

- **Etapa de sedimentación**

Una vez realizado la etapa de reacción de los biodiscos por ciclos, se procedió a dejar en reposo el agua residual removida para que la biomasa sea desprendida y se formen los sedimentos que se acumulen en el fondo del reactor, de esta manera se dejó por diez horas establecidas en esta etapa.

- **Etapa de muestreo y vaciado**

Después del periodo de sedimentación se procedió a tomar la muestra correspondiente, se obtuvo como resultado 2 centímetros de sedimentación de altura de biomasa desprendida y asentada en el fondo, luego se procedió a tomar la muestra y llevar a laboratorio donde se recolecta su información y entrega (Ver figura 40).

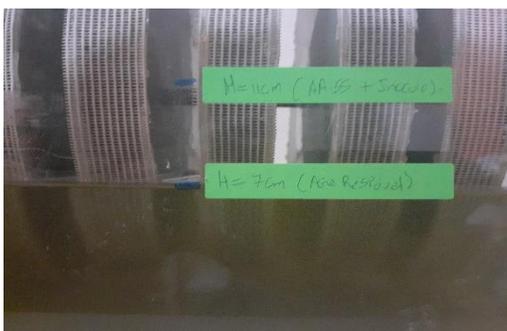


*Figura 40: Entrega de muestra a laboratorio.
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)*

Quinto proceso (lunes 9 de febrero)

- **Etapa de llenado**

El sexto proceso de prueba comenzó a las 21H50 pm, mediante cronometro se tomó un tiempo de 3 minutos de duración de llenado del agua residual proveniente de la estación de bombeo para una altura de 7cm y 2 minuto de duración de llenado de inoculo proveniente de la laguna de aireación de lodos activados para una altura de 4cm en planta piloto (Ver figura 41), después se continuó con las siguientes etapas.



*Figura 41: Etapa de llenado.
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)*

- **Etapa de reacción**

A las 22H00 pm empezó el proceso de funcionamiento de los biodiscos usando zeolita, con una revolución de 15 RPM de giro, para su determinación se realizó un proceso de tres ciclos de treinta minutos de remoción y quince minutos de descanso entre cada periodo, durante su funcionamiento se pudo observar que se generó películas líquidas más grandes en la malla y en los discos de acrílico se generaba películas líquidas durante su etapa de reacción (Ver figura 42), y finalizando el ciclo de reacción da paso a la siguiente etapa.



*Figura 42: Desprendimiento de biomasa.
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)*

- **Etapa de sedimentación**

Una vez realizado la etapa de reacción de los biodiscos por ciclos, se procedió a dejar en reposo el agua residual removida para que la biomasa sea desprendida y se formen los sedimentos que se acumulen en el fondo del reactor, de esta manera se dejó por diez horas establecidas en esta etapa.

- **Etapa de muestreo y vaciado**

Después del periodo de sedimentación se procedió a tomar la muestra correspondiente, se obtuvo como resultado 4 centímetros de sedimentación de altura de biomasa desprendida y asentada en el fondo, se procedió con la recolección del muestreo para proceder a vaciar el agua tratada por el paso de manguera como desfogue para el siguiente tratamiento de estudio de remoción.

Septo proceso (miércoles 12 de febrero)

- **Etapa de llenado**

El último proceso de prueba comenzó a las 20H50 pm, mediante cronometro se tomó un tiempo de 3 minutos de duración de llenado del agua residual proveniente de la estación de bombeo para una altura de 7cm y 2 minuto de duración de llenado de inoculo proveniente de la laguna de aireación de lodos activados para una altura de 4cm en planta piloto (Ver figura 43), después se continuó con las siguientes etapas.



*Figura 43: Altura de llenado entre agua residual más inoculo
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)*

- **Etapa de reacción**

A las 21H00 pm empezó el proceso de funcionamiento de los biodiscos sin usar zeolita, con una revolución de 15 RPM de giro, para su determinación se usó el mismo procedimiento de tres ciclos de treinta minutos de remoción y quince minutos de descanso entre cada periodo, al terminar las dos horas el sedimento toma forma en el fondo del acrílico, y finalizando el ciclo de reacción da paso a la siguiente etapa.

- **Etapa de sedimentación**

Una vez realizado la etapa de reacción de los biodiscos por la determinación de procedimiento por ciclos, se procedió a dejar en reposo el agua residual removida para que la biomasa sea desprendida y se genere los sedimentos que se acumulan en el fondo, de esta manera se dejó por diez horas establecidas para determinar el proceso de su etapa.

- **Etapa de muestreo y vaciado**

Después del periodo de sedimentación se procedió a tomar la muestra correspondiente, se obtuvo resultado 3 centímetros de sedimentación de altura de biomasa asentada en el fondo, luego de la recolección del muestreo se procedió a llevar la última muestra envasada y refrigerada a temperatura establecida por laboratorio y por último se procedió a vaciar el agua tratada por el paso de manguera como desfogue para que la planta quede limpia para futuros estudios.

3.5. Análisis de resultados

Las etapas con que se realizó la evaluación para cada tratamiento mediante el modelo seleccionado que representa la operación de un sistema de biodiscos construido a escala piloto, los datos obtenidos en cada uno del tratamiento, de acuerdo a los resultados obtenidos por “GRUPO QUIMICO MARCOS” laboratorio ambiental acreditado ISO 17025, se determinó en la siguiente tabla:

Tabla 9:
Concentración de DBO₅ de planta piloto.

Concentración de DBO de planta piloto (AR no tratada)			
Unidad	Resultado de concentración de DBO₅	Límites de descarga al sistema de alcantarillado público (TULAS)	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS)
mg/L	297	250	100

Fuente: Grupo químico marcos, 2020.

El resultado de la muestra de concentración de DBO₅ de la planta piloto, es decir el agua residual doméstica no tratada, fue de 297 mg/l. Para establecer el porcentaje de remoción se usó la misma cantidad de DBO de entrada para los seis procesos de prueba. La concentración de DBO entrando a la planta piloto es superior al límite de descarga al sistema de alcantarillado público y al límite de descarga de un cuerpo de agua dulce según las normas TULAS, y con la planta piloto usando biodiscos se prueba que la remoción puede bajar el valor de concentración de salida.

Tabla 10:
Remoción primer proceso.

Primer proceso de Remoción de DBO₅					
Altura de espejo de agua (cm)	RPM	Concentración de entrada de DBO (mg/l)	Biodiscos	Concentración de salida de DBO (mg/l)	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS)
9	5	297	Con zeolita	60.84	100

Fuente: Grupo químico marcos, 2020.

El primer proceso de remoción de DBO₅ dio como resultado 60,84, el cual está dentro del límite de descarga de un cuerpo de agua dulce según las normas del TULAS. Respecto a la concentración de entrada se removió el 79.52 % determinado por la siguiente ecuación:

$$\left(1 - \frac{\text{concentración DBO salida}}{\text{concentración DBO entrada}}\right) * 100$$

$$\left(1 - \frac{60.84 \text{ mg/l}}{297.00 \text{ mg/l}}\right) * 100 = 79.52 \%$$

Tabla 11:
Remoción segundo proceso.

Segundo proceso de Remoción de DBO ₅					
Altura de espejo de agua (cm)	RPM	Concentración de entrada de DBO (mg/l)	Biodiscos	Concentración de salida de DBO (mg/l)	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS)
9	5	297	Sin zeolita	78	100

Fuente: Grupo químico marcos, 2020.

El segundo muestreo de remoción, dio como resultado 78 mg/l de concentración de DBO₅, es decir se removió menos respecto al primer proceso y mediante la ecuación se determinó que su porcentaje de remoción de DBO fue de 73.73%:

$$\left(1 - \frac{\text{concentración DBO salida}}{\text{concentración DBO entrada}}\right) * 100$$

$$\left(1 - \frac{78 \text{ mg/l}}{297 \text{ mg/l}}\right) * 100 = 73.73 \%$$

Tabla 12:
Remoción tercer proceso.

Tercer proceso de Remoción de DBO ₅					
Altura de espejo de agua (cm)	RPM	Concentración de entrada de DBO (mg/l)	Biodiscos	Concentración de salida de DBO (mg/l)	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS)
10	10	297	Sin zeolita	141.90	100

Fuente: Grupo químico marcos, 2020.

El tercer día de remoción de DBO₅ dio como resultado 141.90 mg/l de concentración, aunque se removió menos que los dos procesos anteriores, está no está dentro del límite de descarga a un cuerpo de agua dulce según las normas TULAS. Respecto a la concentración de entrada solo se removió de DBO el 52.22 % determinado por la siguiente ecuación:

$$\left(1 - \frac{\text{concentración DBO salida}}{\text{concentración DBO entrada}}\right) * 100$$

$$\left(1 - \frac{141.90 \text{ mg/l}}{297 \text{ mg/l}}\right) * 100 = 52.22 \%$$

Tabla 13:

Remoción cuarto proceso.

Cuarto proceso de Remoción de DBO ₅					
Altura de espejo de agua (cm)	RPM	Concentración de entrada de DBO (mg/l)	Biodiscos	Concentración de salida de DBO (mg/l)	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS)
10	10	297	Con zeolita	88.80	100

Fuente: Grupo químico marcos, 2020.

El cuarto proceso de remoción dio como resultado 88.80 mg/l de concentración de DBO₅, es decir su remoción ha sido de 70.10% cercano al segundo proceso, lo cual está dentro del límite de descarga a un cuerpo de agua dulce según las normas TULAS determinado por la siguiente ecuación de porcentaje removida:

$$\left(1 - \frac{\text{concentración DBO salida}}{\text{concentración DBO entrada}}\right) * 100$$

$$\left(1 - \frac{88.8 \text{ mg/l}}{297 \text{ mg/l}}\right) * 100 = 70.10 \%$$

Tabla 14:
Remoción quinto proceso.

Quinto proceso de Remoción de DBO ₅					
Altura de espejo de agua (cm)	RPM	Concentración de entrada de DBO (mg/l)	Biodiscos	Concentración de salida de DBO (mg/l)	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS)
11	15	297	Con zeolita	41	100

Fuente: Grupo químico marcos, 2020.

En el quinto día la remoción de DBO₅ fue la de mejor resultado en todos los procesos, cuyo muestreo determinó 41 mg/l de concentración, se usó una revolución de giro mayor a las anteriores adicional se aplicó zeolita dentro de los biodiscos obteniendo un porcentaje satisfactorio de 86.20 % determinado por la siguiente ecuación:

$$\left(1 - \frac{\text{concentración DBO salida}}{\text{concentración DBO entrada}}\right) * 100$$

$$\left(1 - \frac{41 \text{ mg/l}}{297 \text{ mg/l}}\right) * 100 = 86.20 \%$$

Tabla 15:
Remoción sexto proceso.

Sexto proceso de Remoción de DBO ₅					
Altura de espejo de agua (cm)	RPM	Concentración de entrada de DBO (mg/l)	Biodiscos	Concentración de salida de DBO (mg/l)	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS)
11	15	297	Sin zeolita	72.90	100

Fuente: Grupo químico marcos, 2020.

El sexto y último día de los procesos de remoción dio como resultado 72.90 mg/l de concentración de DBO₅, usando 15 RPM y sin aplicación de zeolita dentro de los

biodiscos su remoción fue de 75.45%, estando dentro del límite de descarga de un cuerpo de agua dulce según las normas TULAS.

$$\left(1 - \frac{\text{concentración DBO salida}}{\text{concentración DBO entrada}}\right) * 100$$

$$\left(1 - \frac{72.9 \text{ mg/l}}{297 \text{ mg/l}}\right) * 100 = 75.45 \%$$

De los resultados obtenidos se da por eficaz el correcto funcionamiento del equipo que se usó, se demuestra que los porcentajes de remoción de la DBO₅ usando el método de biodiscos logra cumplir los objetivos planteados de este proyecto, por el cual se presenta un cuadro comparativo de los porcentajes removidos calculados para una mejor comprensión de los resultados.

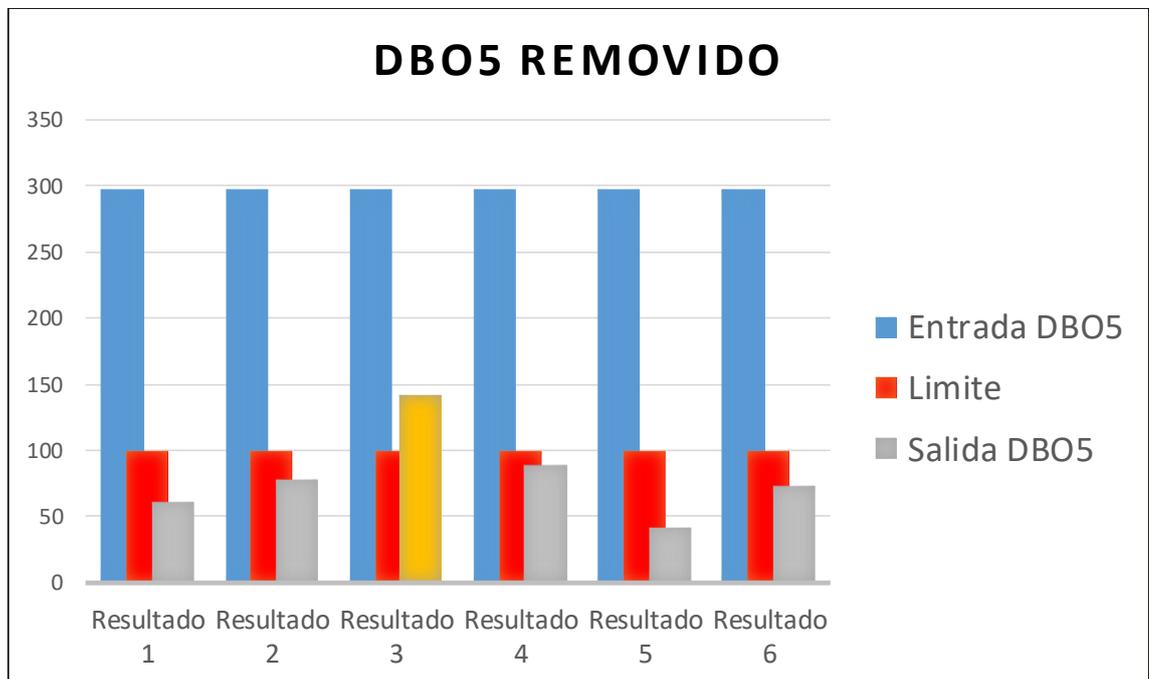


Gráfico I: Resultados de porcentaje de remoción
 Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)

Tabla 16:
Resultados de porcentaje de remoción.

Proceso	Concentración de entrada de DBO ₅ (mg/l)	Concentración de salida de DBO ₅ (mg/l)	Diferencia de concentración Removida DBO ₅ (mg/l)
Proceso #1	297.00	60.84	236.16
Proceso #2	297.00	78.00	219.00
Proceso #3	297.00	141.90	155.10
Proceso #4	297.00	88.80	208.20
Proceso #5	297.00	41.00	256.00
Proceso #6	297.00	72.90	224.10

Fuente: (Blanco & Guzman, 2020)

CAPÍTULO IV

4. INFORME FINAL

Los resultados obtenidos en la relación a la remoción de la demanda bioquímica de Oxígeno (DBO_5), en un sistema de biodiscos en el tratamiento de aguas residuales de efluentes “EDAR”, estos con valores transcientes de concentración tanto en el ingreso y salida del reactor de biodiscos para cada tratamiento, se enuncia el informe final del proceso de remoción de DBO_5 usando biodiscos para tratar agua residual domestica recaudada de la urbanización de laguna del sol y la diferencia de una u otra muestra de DBO_5 que ingresa la estación de bombeo obtenida es mínima mediante el cual se utilizó en los análisis un solo valor de ingreso de caudal en la planta piloto.

4.1. Análisis de variación de las revoluciones de giro de Biodiscos para la determinación de remoción del parámetro medidor DBO_5 .

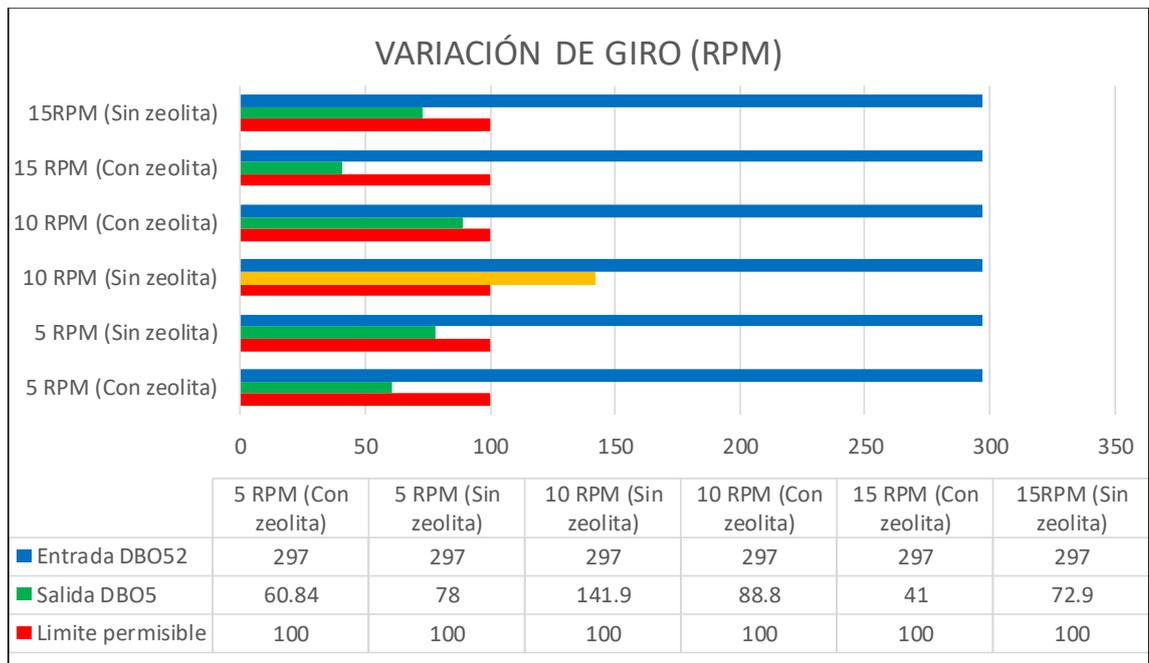


Gráfico 2: Análisis de la influencia de RPM usado
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)

Analizando para una variación de giro de los biodiscos, se determinó que el mayor resultado de concentración alcanzada de DBO_5 fue de 141,90 mg/L dado, por lo que en los biodiscos no se usó zeolita en interior y su velocidad de giro solo fue de 10 rpm. Mientras que, para una velocidad de giro de 15 rpm mayor que los demás y usando

zeolita dentro de los biodiscos se obtuvo un menor resultado de concentración de 41,00 mg/L. De los resultados obtenidos, se puede denotar que cuando se empleó una mayor velocidad de giro y usando zeolita dentro de los Biodiscos, da como resultado una menor concentración de DBO₅.

4.2. Análisis de variación de las alturas de llenado de agua residual doméstica para la determinación de remoción del parámetro medidor DBO₅.

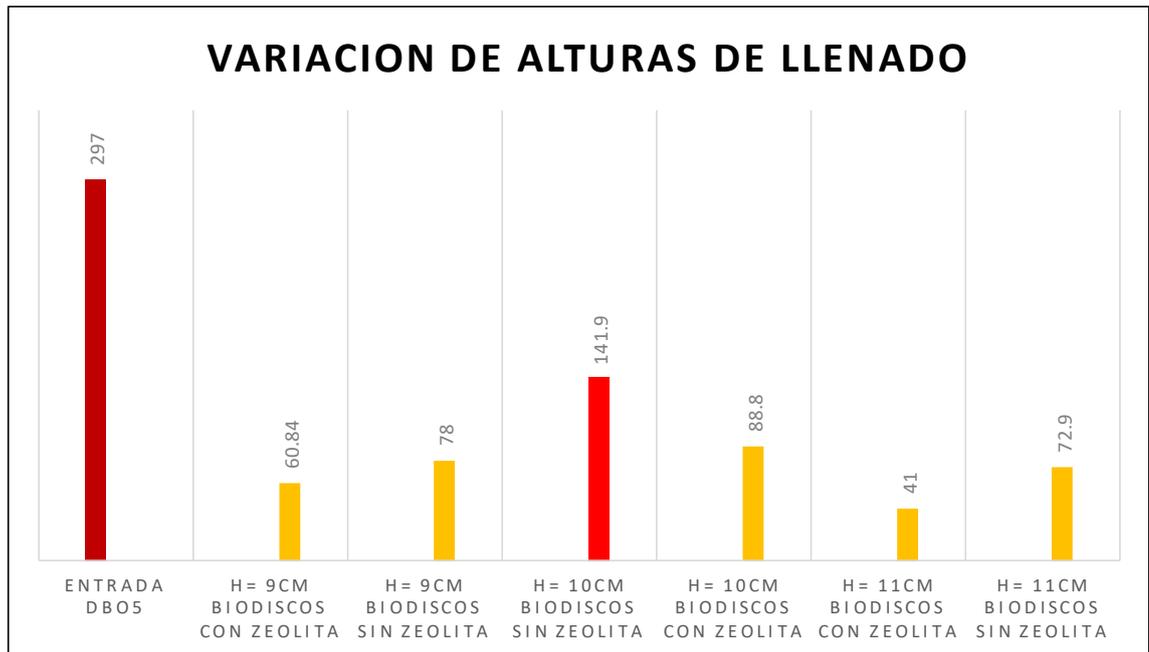


Gráfico 3: Análisis de la influencia de altura usado.
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)

Analizando para una variación de altura de llenado, se observa que para una altura de espejo de agua de 10cm la cual se divide en de 8cm de agua residual más 2 cm de aplicación de inculo se obtuvo una mayor concentración alcanzada de DBO₅ de 141,9 mg/l como se muestra en grafico 3 en la torre color roja lo cual indica que el tratamiento no fue de eficaz remoción. Mientras que, para la altura de llenado de 11cm la cual se divide en 7cm de agua residual más 4 cm de aplicación de inculo se logró obtener una menor concentración de 41 mg/l de DBO₅. En base a los resultados de estudio determinado, se indica que cuando se utilizó una mayor altura de llenado, se consiguió una menor concentración de DBO₅.

4.3. Evaluación económica del uso del reactor usando biodiscos para el sistema de tratamiento de aguas residuales doméstica.

La implementación de la planta piloto usando biodiscos de tipo aeróbico para el tratamiento del agua residual doméstica, conto con una duración de 2 meses que se logró obtener la consecución de los materiales hasta el ensamblaje y construcción del reactor. A continuación, se expone los componentes de la planta piloto dividiendo sus costos unitarios, su costo total por componente y la sumatorio de sus costos totales diferenciando el valor económico viable de usar zeolita dentro de los biodiscos para el sistema de tratamiento de la planta piloto construida.

Tabla 17:
Evaluación de Costos.

Ítem.	Unidad	Cantidad	P. Unitario	TOTAL (con zeolita)	TOTAL (sin zeolita)
Motor	U.	1,00	\$20,0	\$30,00	\$30,00
Mesa	U.	1,00	\$10,0	\$10,00	\$10,00
Discos de acrílico	U.	14,00	\$5,00	\$70,00	\$70,00
Varilla de acero inoxidable	M.	1,00	\$1,40	\$1,40	\$1,40
Tapón	U.	1,00	\$0,50	\$0,50	\$0,50
Llaves ø 1/2"	U.	2,00	\$1,80	\$3,60	\$3,60
Manguera ø 3/4"	M.	1,00	\$5,60	\$5,60	\$5,60
Baterías	U.	2,00	\$20,00	\$40,00	\$40,00
Zeolita	Saco.	1,00	\$50,00	\$50,00	
Costo Total				\$211,10	\$161,10

Fuente: (Blanco & Guzman, 2020)

La opción que se considera viable desde el punto de vista económico y medio ambiental, considerando los avances tecnológicos actuales, es potenciar la planta propuesta de este proyecto. El propósito de este presupuesto es demostrar que la remediación ambiental que se propone no supera más que un porcentaje del presupuesto operacional actual para los sistemas propuestos, ya que su objetivo es implementar este sistema de tratamiento adecuado para la ciudad de Guayaquil.

En la tabla 17 se define la evaluación del costo de la implementación de la planta pilotó, pero para determinar el costo total de cada ensayo, se lo determino de la siguiente forma:

Tabla 18:
Evaluación de Costo por ensayo.

Ítem.	Unidad	Cantidad	Precio Total
Ensayo Laboratorio	U.	1,00	\$30,00
Materiales	Global	1,00	\$ 5.00
Mano de Obra	U	1,00	\$20.04
Costo Total por ensayo			\$55,04

Fuente: (Blanco & Guzman, 2020)

Los valores que se detallan en la tabla 18 es el valor ajustado del precio del mercado de la prueba de laboratorio y la fase operativa de la duración del ensayo con los equipos detallados en la tabla 17.

4.4. Efectividad y porcentaje de remoción de DBO₅ en los procesos efectuados.

Como resultado de los seis procesos de remoción de DBO₅ de agua residual doméstica, se determinó que el quinto proceso tuvo mejor remoción de porcentaje de DBO₅ (86.20%), y en el tercer proceso es el que tuvo menor remoción de porcentaje de DBO₅ (52.22 %).

Tabla 19:
Efectividad y porcentaje de Remoción de DBO.

Ítem	Altura	RPM	Biodisco	Concentración de entrada de DBO ₅ (mg/l)	Concentración de salida de DBO ₅ (mg/l)	Porcentaje de Remoción de DBO ₅ (%)
Proceso #1	9cm	5	Con Zeolita	297.00	60.84	79.52
Proceso #2	9cm	5	Sin Zeolita	297.00	78.00	73.73
Proceso #3	10cm	10	Sin Zeolita	297.00	141.90	52.22
Proceso #4	10cm	10	Con Zeolita	297.00	88.80	70.10
Proceso #5	11cm	15	Con Zeolita	297.00	41.00	86.20
Proceso #6	11cm	15	Sin Zeolita	297.00	72.90	75.45

Fuente: (Blanco & Guzman, 2020)

Logrando un promedio de porcentajes de los seis procesos de tratamientos de DBO₅ removido, se pudo determinar un promedio de porcentaje de 72.87 % dado muy cercano al 75% de remoción realizado con los parámetros usados, es decir que los resultados fueron satisfactorios y que coinciden con lo que se indica en la literatura especializada, cumpliendo con los objetivos específicos del proceso de remoción de manera adecuada, y se obtuvo respetando los pasos de análisis establecidos.

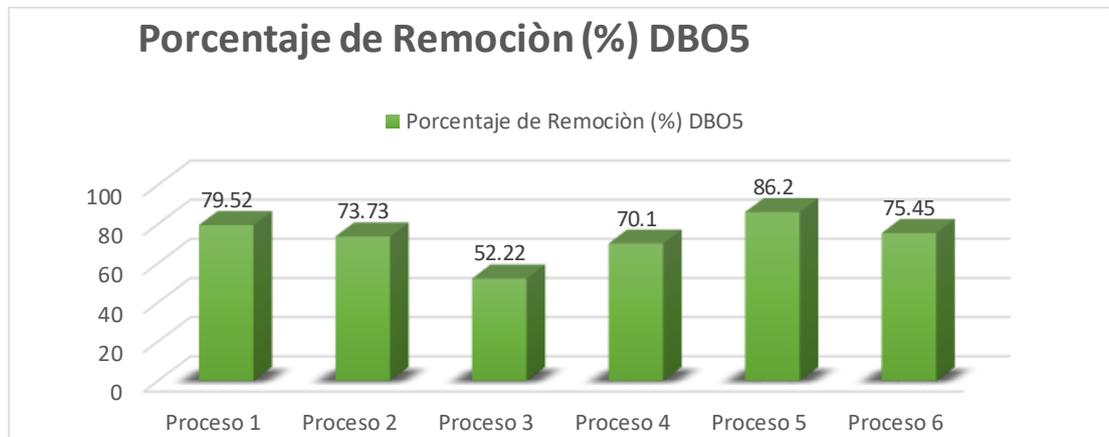


Gráfico 4: Porcentaje de Remoción de DBO₅ de los seis procesos *remoción*
Elaborado por: Blanco & Guzmán. (2020)

De los ensayos determinado se logro obtener los porcentajes adecuados en base a la literatura y, a los objetivos planteados y la planta piloto fue diseñada para un tiempo oscilatorio de vida util entre los 15 a 20 años, con esto se podra realizar mejores resultados de remocion en base a la problemática de descarga inadecuada existente en el Ecuador.

CONCLUSIONES

En conclusión, se consiguieron los objetivos detallados en el presente trabajo de investigación, demostrando que el método de biodisco puede ser utilizado para disminuir la materia orgánica en términos de DBO_5 del agua residual doméstica generada por el alto grado de impacto ambiental en el país.

Se obtuvo una menor concentración de DBO_5 de 41 mg/l usando una altura de espejo de agua de 11 cm, la cual es correspondiente a una altura de llenado de 7 cm de agua residual proveniente de la estación de bombeo, más la adición de 4 cm de llenado de inóculo proveniente del reactor de aireación de una Planta de tratamiento en base a lodos activado.

La menor concentración de DBO_5 obtenida de 41 mg/l correspondió al sexto proceso realizado el día lunes 11 de febrero del 2020, en el cual utilizó una velocidad de giro de 15 rpm, y se usó en este proceso zeolita en el interior de los biodiscos, siendo de igual manera la mejor remoción de porcentaje de DBO_5 de 86.20% en el proceso.

Para poder realizar los experimentos se utilizaron materiales fáciles de obtener, evaluando todos los días el progreso de los experimentos, para llegar al final logrado. Se demostró la aplicabilidad de los biodiscos, junto con otros materiales dan lugar a productos útiles, que sirven para cuidar el planeta, evitando usar recursos de elevado gasto y, logrando demostrar el objetivo principal en este trabajo de reducir el impacto ambiental de la DBO_5 en el agua residual doméstica.

Se concluye usando el tratamiento de agua servida doméstica en base a biodisco con zeolita que esta alternativa tiene un costo total de \$210.11 para un caudal de entrada de 0.001003 m³/seg (1 l/seg), calculado mediante la sección de tubería de entrada por la velocidad del fluido obtenido del teorema de Torricelli.

De los resultados expuesto, se logró determinar que en todos los procesos realizados no tuvieron el mismo porcentaje de remoción de DBO_5 , pero debido a la variación de los parámetros ejecutados se analizó que sus resultados están dentro del límite de descarga a un cuerpo de agua dulce según las normas del Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Medio Ambiente (TULAS), es decir 5 de las 6 pruebas de concentraciones del DBO_5 de salida fueron menores a 100 mg/l.

RECOMENDACIONES

Para obtener una mayor eficiencia de remoción de las variables de respuesta se recomienda diseñar un sedimentador primario para un flujo continuo de tal forma que los lodos producidos puedan ser extraídos fácilmente.

Ya que estos sistemas son adecuados para condiciones de abundancia de sustrato, se recomienda utilizar este tipo de tratamiento de aguas residuales para poblaciones donde exista mayor concentración de materia orgánica biodegradable.

Se recomienda añadir un biofiltro para la reducción de olores y con esto evitar concentración de gases fuertes del agua tratada debido a la alta temperatura que tiene la ciudad de Guayaquil. El biofiltro deberá ser implementado a espacio abierto.

Para garantizar una mezcla completa y la no sedimentación de lodos se necesita un mecanismo de agitación dentro del reactor o modificar el conjunto de discos por tubos concéntricos. También, se recomienda que se siga investigando el tratamiento usando mayores velocidades de 15 rpm.

Se desea lograr concentraciones más reducidas de DBO_5 y mayor velocidad de giro en términos de rpm, es necesario que la planta piloto sea de manera cerrada para evitar que los microorganismos por velocidades se esparzan por los giros de los biodiscos.

Considerar la recirculación del efluente del reactor, con el fin de inocular con bacterias y enzimas el efluente, para así poder obtener un mejor rendimiento del reactor.

Se recomienda utilizar material de superficie rugosa en los discos, de preferencia a ambos lados, a fin de que se produzca una mayor cantidad de biopelículas en este material de superficie rugosa.

Se recomienda asegurar y garantizar el suministro de energía eléctrica durante el proceso para evitar paradas ocasionando falta de aireación y posteriormente la muerte de microorganismos esenciales en el proceso de depuración del agua residual.

GLOSARIO.

- **Inóculo:** Término colectivo para referirse a los microorganismos o sus partes (esporas, fragmentos miceliales, etc.) capaces de provocar infección o simbiosis cuando se transfieren a un huésped. El término también se usa para referirse a los organismos simbióticos o patógenos transferidos por cultivo.
- **DBO:** Demanda bioquímica de Oxígeno.
- **Reactor:** Es una unidad procesadora diseñada para que en su interior se lleve a cabo una o varias reacciones químicas. Dicha unidad procesadora está constituida por un recipiente cerrado, el cual cuenta con líneas de entrada y salida para sustancias.
- **Sedimento:** Es la materia que, después de haber estado en suspensión en un líquido, termina en el fondo por su mayor gravedad. Este proceso se conoce como sedimentación.
- **Aguas residuales:** Las aguas residuales son cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica. Las aguas residuales incluyen las aguas usadas, domésticas, urbanas y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados, o las aguas que se mezclaron con las anteriores (aguas pluviales o naturales). Su importancia es tal que requiere sistemas de canalización, tratamiento y desalojo.
- **Zeolita:** Mineral poroso de origen volcánico compuesto por aluminosilicatos hidratados destacados por su capacidad de hidratarse y deshidratarse de un modo reversible para tratar aguas residuales, retener olores, separa gases, entre otras aplicaciones.
- **Biopelícula:** La biopelícula o biofilm, tapiz bacteriano o tapete microbiano es un ecosistema microbiano organizado, conformado por una o varias especies de microorganismos asociados a una superficie viva o inerte, con características funcionales y estructuras complejas.

BIBLIOGRAFÍA

- (s.f.), Manuel Ruiz Medina. (s.f.). *eumen.net*. Obtenido de http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/mirm/tecnicas_instrumentos.html
- Aire Libre.Cl. (2016). *Aire Libre.Cl*. Obtenido de <http://airelibre.cl/que-son-los-coliformes-fecales/>
- Angeles, B. C. (13 de 02 de 2013). *Blog Biología y medio Ambiente*. Obtenido de Contactores Biológicos Blog Biología y medio Ambiente: <https://carlosesquecheangeles.wordpress.com/2013/02/13/contactores-biologicos/>
- Arriols, E. (2018). *Ecología verde*. Obtenido de Que son las aguas residuales y como se clasifican: <https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-aguas-residuales-y-como-se-clasifican-1436.html>
- Becerra, J. M. (2013). *SISTEMAS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN*. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/11112/1/marthaisabelorjuela2013.pdf>
- Bilge Alpaslan Kocamemi, D. d. (s.f.).
- Bioplast Depuración . (2016). *Blog Terminos y definiciones*. Obtenido de Blog Terminos y definiciones: <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/la-evolucion-de-los-biodiscos-a-lo-largo-de-la-historia>
- BLANCO & GUZMAN. (2020). *BIODISCOS. OPERACION DE LOS BIODISCOS. GUAYAQUIL, GUAYAS, ECUADOR*.
- Blanco & Guzman. (10 de ENERO de 2020). *PARAMETROS DE DISEÑO. DIMENSIONES Y COMPONENTES DE DISEÑO. GUAYAQUIL, GUAYAS, ECUADOR*. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>
- Calvachi, G. C. (2013). *Nitrógeno en aguas residuales*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v15n1/v15n1a07.pdf>

- Carmen, E.-L. M. (2013). *Revista CENIC. Ciencias Químicas*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181629303001>
- Cartagena (s.f), U. p. (s.f.). *Analisis de aguas*. Obtenido de https://www.upct.es/~minaees/analisis_aguas.pdf
- Ciencia, N. (2018). *Nova Ciencia* . Obtenido de <https://novaciencia.es/amoniac-aguas-residuales/>
- Cisneros, A. T. (s.f.). *Biodiscos: ciclos de funcioneamiento*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos81/tratamiento-biologico-medio-adherido/tratamiento-biologico-medio-adherido2.shtml>
- Claseshistoria, R. d. (15 de Diciembre de 2013). Obtenido de <file:///C:/Users/Home/Downloads/Dialnet-EpistemologiaDeLaInvestigacionCuantitativaYCualita-5174556.pdf>
- Definicion. (s.f.). *Wikipedia enciclopedia libre*. Obtenido de https://es.wikipedia.org/wiki/Aguas_residuales
- Definicionyque.es. (2014). *Definicionyque.es*. Obtenido de <https://definicionyque.es/aguas-servidas/>
- Esqueche, B. C. (13 de 02 de 2013). *Blog biologia y medio ambiente*. Obtenido de Blog contactores biologicos: <https://carlosesquecheangeles.wordpress.com/2013/02/13/contactores-biologicos/>
- Fibras y Normas. (2018). *Blog Terminos y definiciones*. Obtenido de Blog Terminos y definiciones: <https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/Categoria/definiciones/>
- Fiotto, S. (2013). *Modelamiento y simulación de reactores*. Obtenido de http://www.edutecne.utn.edu.ar/publicaciones/tesis/modelamiento_simulacion_reactores.pdf
- Gomez, D. (2002). *ResearchGate Article*. Obtenido de Article Diseno de sisytema de Biopelícula, para tratamiento aguas residuales: [236843168_DISENO_DE_SISTEMAS_DE_BIOPELICULA_PARA_TRATAMIENTO_AGUAS_RESIDUALES](https://www.researchgate.net/publication/236843168_DISENO_DE_SISTEMAS_DE_BIOPELICULA_PARA_TRATAMIENTO_AGUAS_RESIDUALES)

- Gonzales, A. U. (2017). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS*. Obtenido de http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/43806/3/TFM_AdrianUrrusunoGonzalez.pdf
- HACH. (s.f.). (s.f.). *IMPORTANCIA DE LA MEDICIÓN DE CARBONO*. Obtenido de file:///C:/Users/Home/Downloads/DOC040.61.10062.Jun15_ES.pdf
- Hidritec. (2016). *Hidritec*. Obtenido de <http://www.hidritec.com/hidritec/tratamiento-de-aguas-residuales-y-disminucion-de-dqo>
- HUILCA, J. C. (2015). *Tesis ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4671/1/96T00298%20UDC%20TFC.pdf>
- INEN. (2013). Obtenido de <http://sut.trabajo.gob.ec/publico/Normativa%20T%C3%A9cnica%20INEN/NTE%20INEN%201204%20-%20AGUAS.%20DETERMINACI%C3%93N%20DE%20NITR%C3%93GENO%20ORG%C3%81NICO.pdf>
- INEN. (2013). *INEN*. Obtenido de [http://sut.trabajo.gob.ec/publico/Normativa%20T%C3%A9cnica%20INEN/NTE%20INEN%201202%20-%20AGUAS.%20DEMANDA%20BIOQU%C3%8DMICA%20DE%20OX%C3%8DGENO%20\(DBO5\).pdf](http://sut.trabajo.gob.ec/publico/Normativa%20T%C3%A9cnica%20INEN/NTE%20INEN%201202%20-%20AGUAS.%20DEMANDA%20BIOQU%C3%8DMICA%20DE%20OX%C3%8DGENO%20(DBO5).pdf)
- Kannan, A. (2015). Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/261767299_Anaerobic_sequencing_batch_reactors_and_its_influencing_factors_an_overview
- Lec, E. R. (2014). Obtenido de [file:///C:/Users/Home/Downloads/12035-41941-1-PB%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Home/Downloads/12035-41941-1-PB%20(1).pdf)
- Lizerinde. (19 de Abril de 2014). *Lizerinde*. Obtenido de <http://lizerindex.blogspot.com/2014/04/ventajas-y-desventajas-del-metodo.html>

- López, A. V. (2013). *Universidad Politecnica de Chimborazo*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3118/1/236T0084.pdf>
- Manuel, L. (s.f.). *Academia* . Obtenido de Revista tecnica La biopelícula en los procesos RBC: https://www.academia.edu/17838906/La_biopelícula_en_los_procesos_RBC
- Martínez. (2015). Obtenido de http://virtual.umng.edu.co/distancia/ecosistema/odin/odin_desktop.php?path=Li4vb3ZhcY9pbmdlmlcmlhX2NpdmlsL3RyYXRhbWllbnRvX2Jpb2xvZ2ljb19kZV9hZ3Vhcy91bmlkYWRFMy8=
- Microlab. (2015). *Microlab*. Obtenido de <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/analisis-comparativas-y-relaciones-entre-la-dbo-dqo-cot>
- Moyano, G. (2015). *Plantillas* . Obtenido de <https://prezi.com/cej9oqnp4fdo/sistema-de-tratamiento-de-aguas-residuales-sistema-de-biodiscos/>
- Nishikiten. (2013). *Nishikiten*. Obtenido de <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego/>
- Notijenck. (2014). *DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE COMPUESTOS ORGÁNICOS* . Obtenido de <https://www.notijenck.com.ar/aplicaciones/determinacion-cuantitativa-de-compuestos-organicos-volaticos-en-agua>
- Osbaldo Mesias, (. (s.f.). *Universidad central de Venezuela, Doctorado en urbanismo*. Obtenido de Google Académico: https://scholar.google.com.ec/scholar?q=investigacion+cualitativa+y+cuantitativa&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart
- Palmezzano, M. (2019). Obtenido de <https://es.scribd.com/document/414631244/Biodiscos>
- Palmezzano, M. (2019). *documentos de terminos scrib*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/414631244/Biodiscos>

- Palmezzano, M. (2019). *documentos de terminos scrib*. Obtenido de documentos de terminos scrib: <https://es.scribd.com/document/414631244/Biodiscos>
- Paredes, J. F. (2014). Obtenido de file:///C:/Users/Home/Downloads/Dialnet-ReactoresDiscontinuosSecuenciales-5065713%20(2).pdf
- Paredes, J. F. (2015). Obtenido de file:///C:/Users/Home/Downloads/Dialnet-ReactoresDiscontinuosSecuenciales-5065713%20(2).pdf
- perez, J. (2012). INFLUENCIA DE LA CARGA ORGÁNICA SOBRE LA EFICIENCIA DE REACTORES RBC DE TRES ETAPAS EN EL TRATAMIENTO DE UN EFLUENTE INDUSTRIAL SINTÉTICO. *Revista unimilitar Universidad militar nueva granada*.
- Ramírez, D. C. (2017). *Método de Estimación de Sólidos*. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/57367/1/2949594699.2017.pdf>
- residuales, T. d. (2014). *Tratamientos de aguas residuales*. Obtenido de <https://tratamientodeaguasresiduales.net/tratamiento-de-aguas-residuales-domesticas/>
- Reyes, S. (2017). *DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES, SUSPENDIDOS Y SEDIMENTABLES*. Obtenido de http://www.academia.edu/34926466/Determinaci%C3%B3n_de_s%C3%B3lidos_suspendidos_totales_suspendido_y_sedimentables
- Rodríguez, F. M. (2013). *Frida María León Rodríguez*. Obtenido de file:///C:/Users/Home/Desktop/tratamientodeaguas_manualprac.pdf
- Severiche, C. A. (2013). *Carlos Alberto Severiche*. Obtenido de <http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>
- Share, S. (2015). *Slide Share*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/MarcosDalmasi/demanda-biolgica-y-quimica-de-oxgeno-y-oxgeno-disuelto>
- Significados. (2013). *Significado de Metodología de la investigación*. Obtenido de <https://www.significados.com/metodologia-de-la-investigacion/>

- Significados*. (29 de 11 de 2018). Obtenido de Significado de Metodología de la investigación: <https://www.significados.com/metodologia-de-la-investigacion/>
- Slide Share. (28 de Febrero de 2013). Obtenido de <https://es.slideshare.net/ALEJOCOSIO/investigacion-experimental-16846793>
- Studylib. (s.f.). Obtenido de <https://studylib.es/doc/4786155/biodiscos-y-biocilindros>
- Técnicas de investigación (s.f.)*. (s.f.). Obtenido de Profesores.fi-b.unam.mx: http://profesores.fi-b.unam.mx/jlfl/Seminario_IEE/tecnicas.pdf
- TULAS. (2017). *Texto Unificado de Legilacion Ambiental Secundaria*. Obtenido de Texto Unificado de Legilacion Ambiental Secundaria: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/TEXTO-UNIFICADO-LEGISLACION-SECUNDARIA-MEDIO-AMBIENTE-PARTE-I-I.pdf>
- Tulas. (2017). *Texto Unificado de Legislacion Ambiental Secundaria*. Obtenido de Texto Unificado de Legislacion Secundaria de Medio Ambiente: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>
- Universidad militar nueva granada. (2012). INFLUENCIA DE LA CARGA ORGÁNICA SOBRE LA EFICIENCIA DE REACTORES RBC DE TRES ETAPAS EN EL TRATAMIENTO DE UN EFLUENTE INDUSTRIAL SINTÉTICO. *Revista unimilitar*.
- Valdez, P. (2015).
- verde, E. (2018). *Ecología verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/question-las-aguas-residuales-y-como-se-clasifican-1436.html>
- VI TULAS, R. O. (04 de NOVIEMBRE de 2015). LIMITE DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE. TULAS. QUITO, PICHINCHA, ECUADOR: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>

ANEXOS

Anexo 1: Concentración de entrada DBO5 (planta piloto).



GUZMAN ZAMBRANO PETER ANTHONY
Representante Legal: ---
Dirección: Cda Kennedy Nueva, Tel. 0982372641
Atención : Ing. Petter Guzman

Guayaquil, 28 DE FEBRERO DEL 2020

DATOS DE MUESTREO

Punto e Identificación de la Muestra: Agua de la estación de bombeo de agua residual doméstica (Entrada)
Matriz de la muestra: Agua Residual Doméstica

AGREGADOS ORGANICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Demanda Bioquímica de Oxígeno	297	mgO2/l	14,37	PEE-GQM FQ-05	2020/02/21 LS

SIMBOLOGÍA:

--- No Aplica

<LD Menor al Límite Detectable

N.E. No Efectuado

NOMENCLATURA:

(1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación R01 17025 por el SAE.

(2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia en [www.sae.gov.ec](#), S Manual de Calidad de GQM

(3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.

(4) Parámetro subcontratado ACREDITADO, ver alcance en [www.sae.gov.ec](#)

U.K-2 Incertidumbre
E.P.A. Environmental Protection Agency
S.M. Standard Methods

L.M.P. Límite Máximo Permisible
P.C.L. Procedimiento específico de ensayo

Q.F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de Calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas. PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

Anexo 2: Primera muestra removida de salida de DBO5.



INFORME DE ENSAYOS

N° 79454-2



7945402052020000000 Icajape



GUZMAN ZAMBRANO PETER ANTHONY
 Representante Legal: ---
 Dirección: Cda Kennedy Nueva, Tel. 0982372641
 Atención : Ing. Petter Guzman

Guayaquil, 11 DE FEBRERO DEL 2020

DATOS DE MUESTREO

Punto e identificación de la Muestra:	M #2 - SALIDA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (CON ZEOLITA)
Matriz de la muestra:	Agua Residual Doméstica

AGREGADOS ORGANICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Demanda Bioquímica de Oxígeno	60,81	mgO2/l	2,93	PEE-GQM-FQ-05	2020/02/06 LS

SIMBOLOGÍA:

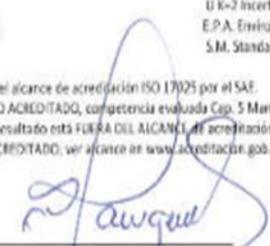
- No. Aplica
- LD Menor al límite Detectable
- N.L. No Efectuado

- U K=2 Incertidumbre
- E.P.A. Environmental Protection Agency
- S.M. Standard Methods

- L.M.P. Límite Máximo Permisible
- P.E.E. Procedimiento específico de Ensayo

NOMENCLATURA:

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cgo. 5 Manual de Calidad de GQM.
- (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
- (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO, ver alcance en www.acreditacion.gob.ec


 Q.F. FERNANDO MARCOS V.
 Director Técnico


 Q.F. LAURA YANQUIM.
 Coordinadora de Calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

Anexo 3: Segunda muestra removida de salida de DBO₅.



GUZMÁN ZAMBRANO PETER ANTHONY
Representante Legal: ---
Dirección: Cda Kennedy Nueva, Tel. 0982372641
Atención : Ing. Petter Guzman

Guayaquil, 11 DE FEBRERO DEL 2020

DATOS DE MUESTREO

Punto e Identificación de la Muestra: M #3 - SALIDA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (SIN ZEOLITA)

Matriz de la muestra: Agua Residual Doméstica

AGREGADOS ORGANICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Demanda Bioquímica de Oxígeno	78	mgO ₂ /l	3,76	PEE-GQM-FQ-05	2020/02/06 LS

SIMBOLOGÍA:

--- No Aplica
d.D Menor al Límite Detectable
N.E. No Efectuado

U K=2 Incertidumbre
E.P.A. Environmental Protection Agency
S.M. Standard Methods

L.M.P. Límite Máximo Permisible
P.E.E. Procedimiento específico de Ensayo

NOMENCLATURA:

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 3 Manual de Calidad de GQM.
- (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
- (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO, ver alcance en www.gob.ec/eficacia.gov.ec

Q.F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de Calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo solo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

Anexo 4: Tercera muestra removida de salida de DBO₅.



GUZMAN ZAMBRANO PETER ANTHONY
Representante Legal: ---
Dirección: Cda Kennedy Nueva, Tel. 0982372641
Atención : Ing. Petter Guzman

Guayaquil, 13 DE FEBRERO DEL 2020

DATOS DE MUESTREO

Punto e Identificación de la Muestra:	M #4 - SALIDA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (SIN ZEOLITA + INÓCULO)
Matriz de la muestra:	Agua Residual Doméstica

AGREGADOS ORGANICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Demanda Bioquímica de Oxígeno	141,9	mgO ₂ /l	6,84	PEE-GQM-FQ 05	2020/02/07 CT

SIMBOLOGÍA:

--- No. Aplica
<LD Menor al Límite Detectable
N.E. No Fluctuado

U K=2 Incertidumbre
E.P.A. Environmental Protection Agency
S.M. Standard Methods

L.M.P. Límite Máximo Permisible
P.E.E. Procedimiento específico de Ensayo

NOMENCLATURA:

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluado Cap. 5 Manual de Calidad de GQM.
- (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
- (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO; ver alcance en www.acreditacion.gob.ec

Q.F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de Calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

Anexo 5: Cuarta muestra removida de salida de DBO₅.



GUZMAN ZAMBRANO PETTER ANTHONY
Representante Legal: ---
Dirección: Cda Kennedy Nueva, Tel. 0982372641
Atención : Ing. Petter Guzman

Guayaquil, 13 DE FEBRERO DEL 2020

DATOS DE MUESTREO

Punto e Identificación de la Muestra:	M H5 - SALIDA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (CON ZEOLITA + INÓCULO)
Matriz de la muestra:	Agua Residual Doméstica

AGREGADOS ORGANICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K=2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Demanda Bioquímica de Oxígeno	88,8	mgO ₂ /l	4,28	PEE-GQM-FQ-05	2020/02/07 CT

SIMBOLOGÍA:

--- No. Aplica
<D Menor al Límite Detectable
N.E. No Efectuado

D.E.2 Incertidumbre
E.P.A. Environmental Protection Agency
S.M. Standard Methods

L.M.P. Límite Máximo Permisible
P.E.E. Procedimiento específico de Ensayo

NOMENCLATURA:

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM
- (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está VERA DUE AL CANCHE de Acreditación.
- (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO, ver alcance en www.acreditacion.gob.ec

Q.F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de Calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

Anexo 6: Quinta muestra removida de salida de DBO₅.



GUZMAN ZAMBRANO PETER ANTHONY
Representante Legal: ---
Dirección: Cda Kennedy Nueva, Tel. 0982372641
Atención : Ing. Petter Guzman

Guayaquil, 18 DE FEBRERO DEL 2020

DATOS DE MUESTREO

Punto e Identificación de la Muestra:	M #6 - SALIDA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (CON ZEOLITA + INÓCULO)
Matriz de la muestra:	Agua Residual Doméstica

AGREGADOS ORGANICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K-2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Demanda Bioquímica de Oxígeno	41	mgO ₂ /l	9,24	PEE-GQM-FQ-17	2020/02/10 CT

SIMBOLOGÍA:

--- No. Aplica

<ID Menor al Límite Detectable

N.E. No Efectuado

U K-2 Incertidumbre

E.P.A. Environmental Protection Agency

S.M. Standard Methods

L.M.P. Límite Máximo Permisible

P.F.F. Procedimiento específico de Ensayo

NOMENCLATURA:

(1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE

(2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM

(3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación

(4) Parámetro subcontratado ACREDITADO, ver alcance en www.acreditacion.gub.ec

Q.F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de Calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.

Anexo 7: Sexta muestra removida de salida de DBO5.



GUZMAN ZAMBRANO PETER ANTHONY
Representante Legal: ---
Dirección: Cda Kennedy Nueva, Tel. 0982372641
Atención : Ing. Petter Guzman

Guayaquil, 20 DE FEBRERO DEL 2020

DATOS DE MUESTREO

Punto e Identificación de la Muestra:	MP7 - SALIDA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL (SIN ZEOLITA + INÓCULO)
Matriz de la muestra:	Agua Residual Doméstica

AGREGADOS ORGANICOS

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDADES	U K-2	MÉTODO	ANALIZADO POR
Demanda Bioquímica de Oxígeno	72,9	mgO2/l	3,51	PEE-GQM-FQ-05	2020/02/14 CT

SIMBOLOGÍA:

--- No Aplica
<LD Menor al Límite Detectable
N.A. No Efectuado

U K-2 Incóncumbre
E.P.A. Environmental Protection Agency
S.M. Standard Methods

L.M.P. Límite Máximo Permisible
P.E.E. Procedimiento específico de Ensayo

NOMENCLATURA:

- (1) Parámetro NO INCLUIDO en el alcance de acreditación ISO 17025 por el SAE.
- (2) Parámetro subcontratado NO ACREDITADO, competencia evaluada Cap. 5 Manual de Calidad de GQM.
- (3) Parámetro acreditado cuyo resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
- (4) Parámetro subcontratado ACREDITADO: ver alcance en www.acreditacion.gub.ec

Q.F. FERNANDO MARCOS V.
Director Técnico

Q.F. LAURA YANQUI M.
Coordinadora de Calidad

IMPORTANTE:

Los resultados de este informe de ensayo sólo son aplicables a las muestras analizadas; PROHIBIDA su reproducción total o parcial sin autorización escrita de GQM.