



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA INGENIERÍA CIVIL**

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

**“EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE  
OXÍGENO (DBO) EN UN REACTOR AERÓBICO SECUENCIAL  
DISCONTINUO TRATANDO AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA EN  
PLANTA PILOTO - 2da. FASE”**

**AUTOR:**

**FERNANDO FABRICIO SANDOVAL ANZULES**

**TUTOR:**

**Msc. Ing. PABLO MARIO PAREDES RAMOS**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**2019**

## REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### FICHA DE REGISTRO DE TESIS

**TITULO Y SUBTITULO:**

EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO) EN UN REACTOR AERÓBICO SECUENCIAL DISCONTINUO TRATANDO AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA EN PLANTA PILOTO - 2da. FASE

**AUTOR/ES:**

FERNANDO FABRICIO SANDOVAL ANZULES

**REVISORES:**

Msc. Ing. PABLO MARIO PAREDES RAMOS

**INSTITUCIÓN:**

UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL

**FACULTAD:**

FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

**CARRERA:** INGENIERÍA CIVIL

**FECHA DE PUBLICACIÓN:** 2019

**N. DE PAGS:** 136

**ÁREAS TEMÁTICAS:** ARQUITECTURA - CONSTRUCCIÓN

**PALABRAS CLAVE:** INGENIERÍA AMBIENTAL , SANEAMIENTO, TRATAMIENTO DEL AGUA, AGUAS RESIDUALES

**RESUMEN:**

Esta investigación se llevó a cabo para evaluar la remoción de materia orgánica en términos de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) en un modelo de Reactor Aeróbico Secuencial Discontinuo (SBR), probando con un inóculo de lodo activo igual al 25% de la capacidad del modelo del reactor y evaluando con diferentes tiempos de los parámetros que intervienen en el proceso de tratamiento de aguas residuales, tales como el tiempo de aireación y mezclado, y el tiempo de reposo.

**Abstract**

This research was carried out to evaluate the removal of organic matter in terms of the Biochemical Oxygen Demand (BOD) in a model of Discontinuous Sequential Aerobic Reactor (SBR), testing with an inoculum of active sludge equal to 25% of the capacity of the reactor model and evaluating with different times the parameters involved in the wastewater treatment process, such as the aeration and mixing time, and the resting time.

**N. DE REGISTRO (en base de datos):**

**N. DE CLASIFICACIÓN:**

**DIRECCIÓN URL (tesis en la web):**

**ADJUNTO URL (tesis en la web):**

**ADJUNTO PDF:**

SI

NO

**CONTACTO CON AUTORES/ES:**

FERNANDO FABRICIO SANDOVAL ANZULES

**Teléfono:**

0980526582

**E-mail:**

ffsandoval@hotmail.com

**CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:**

MG. ALEX SALVATIERRA ESPINOZA, DECANO

Teléfono: 2596500 EXT. 241

[asalvatierrae@ulvr.edu.ec](mailto:asalvatierrae@ulvr.edu.ec)

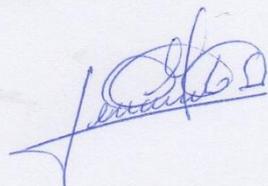
**DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS  
PATRIMONIALES**

El egresado FERNANDO FABRICIO SANDOVAL ANZULES, declaro bajo juramento, que la autoría del presente trabajo de investigación, corresponde totalmente al suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo mis derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador.

Este proyecto se ha ejecutado con el propósito de estudiar EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO) EN UN REACTOR AERÓBICO SECUENCIAL DISCONTINUO TRATANDO AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA EN PLANTA PILOTO - 2da. FASE

Autor:



---

FERNANDO FABRICIO SANDOVAL ANZULES

C.I. 0920017027

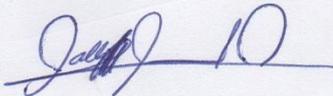
## CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor(a) del Proyecto de Investigación EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO) EN UN REACTOR AERÓBICO SECUENCIAL DISCONTINUO TRATANDO AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA EN PLANTA PILOTO - 2da. FASE, nombrado por el Consejo Directivo de la Facultad de Administración de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

### CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y analizado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: "EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO) EN UN REACTOR AERÓBICO SECUENCIAL DISCONTINUO TRATANDO AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA EN PLANTA PILOTO - 2da. FASE", presentado por el estudiante FERNANDO FABRICIO SANDOVAL ANZULES como requisito previo a la aprobación de la investigación para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación

Firma:



Msc. Ing. PABLO MARIO PAREDES RAMOS

C.I. 0911828150

## Urkund Analysis Result

Analysed Document: Sandoval-TESIS.docx (D54614320)  
Submitted: 7/29/2019 3:38:00 PM  
Submitted By: pparedesr@ulvr.edu.ec  
Significance: 2 %

### Sources included in the report:

5870-Alvarez Jara, Carlos Roberto [OCR].pdf (D35235395)  
d5f20920-849b-4ba4-8c3a-f5e4156e56e6  
14f44b19-0a5c-4389-bc4a-d874fb6bd095  
6de955ee-e562-4483-beae-073bf1c46c3d

### Instances where selected sources appear:

9



## DEDICATORIA

La presente tesis la dedico a toda mi familia y amigos, principalmente a mi amada esposa Yessenia Guerrero, por estar siempre en esos momentos difíciles brindándome su amor, paciencia y comprensión. Y por no dejar nunca que me rinda.

A mis suegros, el Lcdo. Edinson Guerrero y la Sra. Susana Vega que han sido un pilar fundamental en mi formación como profesional, por brindarme la confianza, y los recursos para lograrlo.

A mi querida madre Zoila Anzules, que sin su guía y todo lo que trabajó para darnos la educación a mí y a mis hermanos, jamás hubiera podido llegar a ningún lado. Gracias mamita por todo.

A mi padre el Sr. Augusto Sandoval, que no le alcanzo la vida para verme vestido, pero que desde el cielo estará seguramente orgulloso de mí.

A mis tíos Edith Sandoval y Manuel Dueñas M. por su incontable apoyo, que junto a mi madre fueron mis principales sostenes en mi juventud.

Al Ing. Raúl Guerrero Vega, mi cuñado y amigo que supo iniciarme en el camino de la ingeniería, junto a él di mis primeros pasos en esta noble profesión y que desde el cielo podrá ver como llegue al final de la meta. Va por ti hermano.

A mis hijos, Axel, Fernando y Edison, que son mi mayor motivación, que puedan algún día valorar que es por ellos todo mi sacrificio, y que sigan ellos también la senda del estudio.

Y por último a esos verdaderos amigos con los que compartimos todos estos años juntos la experiencia de convertirnos en profesionales.

## AGRADECIMIENTO

Primero a Dios, porque sin Él nada es posible.

A mis Suegros el Lcdo. Edinson Guerrero y la Sra. Susana Vega que sin su apoyo no hubiera conseguido alcanzar este logro. Gracias por la confianza.

A mi esposa por ser ese sostén y esa voz que siempre me empuja a seguir adelante. Gracias por no rendirme conmigo.

A mis profesores Ms. Ing. Fausto Cabrera Montes, Ms. Ing. July Herrera Valencia, Ms. Ing. Marcial Calero, por sus ayudas a vivir el sueño de superarme y cumplir mis expectativas, por siempre ir por la constante mejora, exalto su trabajo y les agradezco con creces por ayudarme a lograr esta meta.

Al tutor Ms. Ing. Pablo Paredes Ramos y a la Ms. Arq. Isabel Murillo, por ser una excelente guía para mi proyecto, gracias por dar buen rumbo y feliz término a esta tesis. Gracias por todo lo aportado más allá de su deber.

Al Sr. José Caamaño Cacao, por todas las facilidades dadas para realizar las pruebas objeto de esta investigación. Gracias compañero.

Y a todos aquellos que pusieron su granito de arena, como mis Jefes de Obra que siempre me brindaron las facilidades para estudiar.

## INDICE DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>VI</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>VII</b>
<b>INDICE DE CONTENIDO .....</b>	<b>VIII</b>
<b>INDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>XIII</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>XIV</b>
<b>INDICE DE FOTOS .....</b>	<b>XV</b>
<b>INDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>XVI</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>2</b>
<b>DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. Tema. ....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. El Problema.....</b>	<b>2</b>
1.2.1. Planteamiento del problema. ....	2
1.2.2. Formulación del problema.....	3
1.2.3. Sistematización del problema.....	3
<b>1.3. Objetivos de la investigación. ....</b>	<b>4</b>
1.3.1. Objetivo general. ....	4
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
<b>1.4. Justificación del tema. ....</b>	<b>4</b>
<b>1.5. Delimitación o alcance de la investigación. ....</b>	<b>5</b>
<b>1.6. Hipótesis. ....</b>	<b>5</b>

1.6.1. Variable independiente.....	6
1.6.2. Variable dependiente.....	6
<b>1.7. Línea de Investigación.....</b>	<b>6</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>7</b>
<b>2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1. Marco Conceptual. ....</b>	<b>7</b>
2.1.1. Generalidades .....	7
2.1.2. Aguas Servidas .....	7
2.1.3. Impacto ambiental de las aguas servidas.....	9
2.1.3.1. Contaminación del agua .....	10
2.1.3.2. Tipos de contaminación del agua .....	11
2.1.4. Características de las aguas servidas .....	11
2.1.4.1. Clasificación de las aguas servidas. ....	12
2.1.5. Tratamiento de aguas servidas .....	13
2.1.5.1. Tratamiento Preliminar.....	14
2.1.5.2. Tratamiento Primario.....	15
2.1.5.3. Tratamiento Secundario.....	15
2.1.5.4. Tratamiento avanzado o terciario. ....	17
2.1.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) .....	18
2.1.6.1. La DBO como indicador de contaminación. ....	19
2.1.6.2. Método Respirométrico para determinar de DBO <sub>5</sub> . ....	20
<b>2.2. Marco Técnico .....</b>	<b>22</b>

2.2.1. Reactor secuencial discontinuo (SBR).....	22
2.2.2. Proceso de una planta de tratamiento de aguas servidas (SBR).....	23
2.2.3. Aplicación de una planta de reactores secuenciales discontinuos.....	26
2.2.4. Parámetros de diseño de plantas con Reactores Secuenciales Discontinuos.....	27
2.2.4.1. Fase Inactiva.....	30
2.2.4.2. Fase de Llenado.....	30
2.2.4.3. La fase de Reacción.....	31
2.2.4.4. Fase de decantación o sedimentación.....	32
2.2.4.5. Fase del Drenaje.....	32
2.2.5. Construcción de un sistema de Reactor secuencial Discontinuo.....	32
2.2.6. Consideraciones de seguridad y salubridad.....	36
2.2.7. Rendimiento.....	36
2.2.8. Operación y mantenimiento de un SBR.....	37
<b>2.3. Marco legal.....</b>	<b>39</b>
2.3.1. Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua ...	39
<input type="checkbox"/> <b>Título III: Derechos, Garantías Y Obligaciones.....</b>	<b>39</b>
<input type="checkbox"/> <b>Título V.- infracciones, sanciones y responsabilidades.....</b>	<b>41</b>
2.3.2. Texto Unificado Legislación Secundaria del Ministerio del Medio Ambiente. (TULSMA).....	44
<b>5.2.4 Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce.....</b>	<b>44</b>
<b>5.2.5 Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua marina .....</b>	<b>50</b>

<b>CAPITULO III.</b> ....	<b>56</b>
<b>3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.</b> .....	<b>56</b>
<b>3.1. Tipo de investigación.</b> .....	<b>56</b>
3.1.1. Investigación experimental.....	56
<b>3.2. Enfoque de la investigación.</b> .....	<b>57</b>
3.2.1. Enfoque cuantitativo.....	57
<b>3.3. Técnicas de investigación.</b> .....	<b>59</b>
3.3.1. Técnica documental.....	59
3.3.2. Técnica de campo. ....	60
<b>3.4. Población y muestra</b> .....	<b>60</b>
3.4.1. Definiciones.....	61
3.4.1.1. Universo .....	61
3.4.1.2. Población .....	61
3.4.1.3. Muestra.....	62
3.4.1.4. Muestra representativa.....	62
3.4.2. Técnicas de muestreo no probabilístico .....	63
3.4.2.1. Muestreo por cuotas .....	63
3.4.3. Determinación del tamaño de la muestra en investigación cuantitativa.	63
3.4.3.1. Distribución de la población.....	64
3.4.3.2. Nivel de confianza.....	64
3.4.3.3. Error de muestreo permitido.....	64
3.4.3.4. Tamaño de la Muestra .....	65

<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>68</b>
<b>4. PROPUESTA.....</b>	<b>68</b>
<b>4.1. Título: .....</b>	<b>68</b>
<b>4.2. Descripción de la propuesta.....</b>	<b>68</b>
<b>4.3. Desarrollo del modelo. ....</b>	<b>69</b>
4.3.1. Implementación del Reactor.....	69
4.3.1.1. Recalibración del reactor.....	69
4.3.1.2. Montaje del reactor en el laboratorio.....	73
4.3.2. Diseño de los tiempos de las etapas de SBR .....	74
4.3.2.1. Tiempo de llenado o carga. ....	74
4.3.2.2. Tiempo de reacción. ....	75
4.3.2.3. Tiempo de sedimentación.....	76
4.3.2.4. Tiempo de descarga de efluente tratado.....	77
4.3.2.5. Tiempo de descarga de lodos. ....	77
4.3.3. Determinación de los Tiempo del proceso.....	78
4.3.3.1. Determinación del Tiempo de aireación.....	78
4.3.3.2. Determinación del Tiempo de mezclado.-.....	79
4.3.3.3. Determinación del Tiempo de sedimentación.-.....	80
4.3.4. Volumen de inóculo de lodo activo.- .....	81
4.3.5. Caudal de Llenado.-.....	82
4.3.6. Procedencia de las Muestras.....	82
4.3.7. Proceso de las pruebas.....	85
4.3.7.1. Prueba 1.....	86
4.3.7.2. Prueba 2.....	88

4.3.7.3. Prueba 3.....	90
4.3.7.4. Prueba 4.....	91
4.3.7.5. Prueba 5.....	92
4.3.7.6. Prueba 6.....	93
4.3.7.7. Prueba 7.....	94
4.3.7.8. Prueba 8.....	95
4.3.7.9. Prueba 9.....	96
<b>4.4. Resultados de laboratorio.....</b>	<b>97</b>
4.4.1. Resumen de resultados.....	101
<b>4.5. Evaluación de resultados de laboratorio.....</b>	<b>102</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>105</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>107</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>108</b>
<b>GLOSARIO.....</b>	<b>110</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>111</b>

## INDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Figura 1:</b> Tipos de aguas residuales .....	8
<b>Figura 2:</b> Impacto ambiental de descargas de aguas residuales sin tratar.....	10
<b>Figura 3:</b> Tanque de sedimentación primaria.....	15
<b>Figura 4:</b> Filtro oxidante de una planta rural.....	17
<b>Figura 5:</b> Esquema de una depuradora de lagunaje.....	18

<b>Figura 6:</b> Etapas de un ciclo de operaciones de un reactor SBR.....	23
<b>Figura 7:</b> Diagrama de flujo de proceso de un Reactor Secuencial Discontinuo típico.....	26
<b>Figura 10:</b> dotaciones para edificaciones específicas.....	66
<b>Figura 8:</b> Diagrama de sistema de poleas de dos escalonamientos.....	70
<b>Figura 9:</b> Planos estructura de soporte del Reactor.....	72
<b>Figura 11:</b> Grafico de resultados con línea de tendencia.....	102
<b>Figura 12:</b> Grafico de resultados con línea de tendencia.....	103
<b>Figura 13:</b> Grafico de barras de los resultados.....	104

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Objetivos de procesos de pretratamiento .....	14
<b>Fuente:</b> Rojas. R., 2002.....	14
<b>Tabla 2:</b> Parámetros de diseño clave para una carga convencional.....	28
<b>Fuente:</b> Aqua-Aerobic Syste, Inc., 2014 .....	33
<b>Tabla 5:</b> Limites de descarga a un cuerpo de agua marina.....	53
<b>Tabla 6:</b> Características, procesos y bondades del enfoque cuantitativo.....	58
<b>Tabla 7:</b> Resultados de laboratorio, análisis de DBO prueba 1, 2, 3 y 4 de la 1ra fase del proyecto.....	81
<b>Tabla 8:</b> Resultados de laboratorio, análisis de DBO prueba 1.....	97
<b>Tabla 9:</b> Resultados de laboratorio, análisis de DBO prueba 2.....	97
<b>Tabla 10:</b> Resultados de laboratorio, análisis de DBO prueba 3.....	98
<b>Tabla 11:</b> Resultados de laboratorio, análisis de DBO prueba 4.....	98
<b>Tabla 12:</b> Resultados de laboratorio, análisis de DBO prueba 5.....	99
<b>Tabla 13:</b> Resultados de laboratorio, análisis de DBO prueba 6.....	99

<b>Tabla 14:</b> Resultados de laboratorio, análisis de DBO prueba 7.....	100
<b>Tabla 16:</b> Resultados de laboratorio, análisis de DBO prueba 9.....	101
<b>Tabla 17:</b> Resumen de resultados de laboratorio.....	101

## INDICE DE FOTOS

<b>Foto 1:</b> Desmontaje del reactor del Laboratorio de Aguas de la ULVR.....	69
<b>Foto 2:</b> Haciendo espacio para nuevas poleas .....	71
<b>Foto 3:</b> Alineación de nuevas poleas .....	71
<b>Foto 4:</b> Construcción de estructura de soporte del reactor.....	72
<b>Foto 5:</b> Montaje del reactor en el soporte .....	72
<b>Foto 6:</b> Empotramiento del reactor en el Laboratorio de Aguas ULVR.....	73
<b>Foto 7:</b> Implementación del reactor en el Laboratorio de Aguas ULVR.....	74
<b>Foto 8:</b> Cámara de acopio de Estación de Bombeo 3, Urb. Terranostra.....	83
<b>Foto 9:</b> Toma de aguas negras de la cámara de acopio de estación de bombeo. .	83
<b>Foto 10:</b> Toma de muestra de aguas negras sin tratar.....	84
<b>Foto 11:</b> Laguna de aireación de Planta de tratamiento, Urb. Terranostra .....	85
<b>Foto 12:</b> Toma de inóculo de lodo activo de la laguna de aireación, PTAR .....	85
<b>Foto 13:</b> Prueba 1, inicio.....	86
<b>Foto 14:</b> Prueba 1, finalización. ....	87
<b>Foto 15:</b> Prueba 1, Toma de muestra tratada. ....	87
<b>Foto 16:</b> Prueba 1, Vaciado y limpieza de reactor. ....	88
<b>Foto 17:</b> Prueba 2, antes y después del reposo. ....	89
<b>Foto 18:</b> Prueba 2, toma de muestra tratada.....	89
<b>Foto 19:</b> Prueba 3, antes y después del reposo. ....	90
<b>Foto 20:</b> Prueba 4, antes y después del reposo. ....	91

<b>Foto 21:</b> Prueba 5, antes y después del reposo. ....	92
<b>Foto 22:</b> Prueba 6, antes y después del reposo. ....	93
<b>Foto 23:</b> Prueba 7, antes y después del reposo. ....	94
<b>Foto 24:</b> Prueba 8, antes y después del reposo. ....	95
<b>Foto 25:</b> Prueba 9, antes y después del reposo. ....	96

### **INDICE DE ANEXOS**

Anexo 1. Resultados de Muestras .....	111
---------------------------------------	-----

## INTRODUCCIÓN

Como parte del Trabajo de Titulación de los Sres. Manuel Quinto y Moisés Yépez se implementó un reactor aeróbico secuencial discontinuo para tratar agua residual doméstica en el Laboratorio de agua de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte a inicios del 2018. Este trabajo resultó un éxito al comprobar que la hipótesis planteada: el reactor ayuda a reducir la concentración de DBO del agua residual doméstica, sin embargo se conoce por la literatura especializada que esos porcentajes de remoción pueden aumentar significativamente si se incrementa el volumen de inóculo de agua residual proveniente de un tanque de lodos activados operando actualmente.

Los reactores aeróbicos secuenciales normalmente incluyen el proceso de eliminación biológica de nutrientes, en fases que pueden incluir el tratamiento anaerobio, aerobio, anóxico, o la combinación de ellos y en las que, finalmente, se incluye la sedimentación. Todas estas operaciones unitarias se desarrollan en un mismo reactor. Este trabajo de titulación es una continuación del planteado e iniciado por los alumnos de titulación Sres. Quinto y Yépez con verdadero éxito. Se trata de la 2da. Fase que igualmente se espera obtener éxitos en la experimentación como objetivo general.

**Capítulo I. Diseño de la investigación,** problema y objetivos de la investigación.

**Capítulo II. Marco Teórico,** Antecedentes, conceptos, normas y marco legal.

**Capítulo III. Metodología de investigación,** Tipos y técnicas de investigación.

**Capítulo IV. Propuesta,** Desarrollo del modelo, conclusiones y recomendaciones.

## CAPÍTULO I

### DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.

#### 1.1. Tema.

Evaluación de la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en un reactor aeróbico secuencial discontinuo tratando agua residual doméstica en planta piloto -2da fase.

#### 1.2. El Problema.

Los reactores aeróbicos secuencial son una tecnología de gran aplicación en los países desarrollados, más su uso se daba para el tratamiento de agua residual industrial de alta carga, sin embargo en los últimos años ha crecido la tendencia de implementar los reactores por el hecho de que éstos ahorran espacio al ser diseñados sin tanque de clarificación secundaria de una convencional Planta de Tratamiento de aguas servidas.

La planta piloto en el que se ha desarrollado la investigación previa funciona, pues ha logrado reducir la cantidad de materia orgánica en términos de (DBO) del agua residual doméstica, no obstante este estudio está destinado a mejorar el rendimiento de la planta piloto, pues es pertinente evaluar a fondo los factores que inciden en el proceso de tratamiento, tales como el volumen de inóculo, la cantidad de lodo, el tiempo de aireación y el tiempo de sedimentación, ya que estos según como se modifiquen afecta directamente los resultados.

##### 1.2.1. Planteamiento del problema.

El agua residual doméstica característica en una vivienda de estrato medio es el problema objeto de estudio por lo que es menester recopilar información de literatura técnica que existe acerca del tema que permita tener un

basamento teórico de confrontación de parámetros de análisis para posteriormente, probando con diferentes cantidades de inóculo de agua residual doméstica extraída de tanques de lodos activados de Plantas existentes se iniciará la implementación del Reactor biológico secuencial en el Laboratorio.

De igual manera se probará con diferentes alturas de agua, tiempos de aireación, y cantidad de oxígeno introducido en el Reactor biológico secuencial para obtener los mejores porcentajes de remoción de Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO), y que se encuentre la combinación óptima de factores que permitan encontrar un apropiado Sistema de tratamiento de agua residual doméstica para las condiciones específicas de Guayaquil.

### **1.2.2. Formulación del problema.**

¿Cuánto aumentará el porcentaje de remoción de la Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) del agua residual doméstica en un reactor aeróbico secuencial discontinuo?

### **1.2.3. Sistematización del problema.**

¿Qué factores serán necesarios evaluar para que la planta piloto de tratamiento funcione de manera óptima?

¿Cómo se evaluarán los factores que determinan el correcto funcionamiento de la planta piloto de reactor aeróbico secuencial discontinuo?

¿Cuál es la importancia de optimizar el tratamiento de aguas residuales en reactores aeróbicos secuenciales discontinuos?

¿En qué beneficiará a la población contar con un sistema óptimo de tratamiento de aguas residuales con reactores aeróbicos secuenciales discontinuos?

### **1.3. Objetivos de la investigación.**

#### **1.3.1. Objetivo general.**

Realizar la segunda fase del análisis de la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en un reactor biológico secuencial discontinuo con inóculo de agua residual proveniente de un tanque de lodos activados, para tratamiento de agua residual doméstica en planta piloto.

#### **1.3.2. Objetivos específicos.**

- Determinar si con un inóculo de lodo activo con volumen igual al 25% del total del agua a tratar es adecuado para que se produzca una óptima remoción de demanda bioquímica de oxígeno.
- Registrar el mejor tiempo de aireación y mezclado del agua residual doméstica para obtener una reducción de la DBO.
- Registrar los mejores tiempos de sedimentación del agua residual doméstica para obtener una reducción de la DBO.

### **1.4. Justificación del tema.**

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. En la actualidad en el Ecuador, existe un gran déficit de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas de bajo costo,

reconsiderando esto, es necesario conceptualizar y dimensionar un sistema de aguas residuales apropiado para las condiciones específicas del Ecuador, que cumpla con los parámetros de vertido para reducir el impacto ambiental.

Además, en poblaciones urbanas y rurales existe una tendencia a no disponer de áreas para implementar una Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas. La ventaja de usar reactores biológicos secuenciales es que en un solo reactor se pueden efectuar los procesos unitarios de sedimentación, y reacción logrando ahorros de espacio muy grandes. Se busca con este tema, un Sistema de tratamiento de agua residual doméstica para una vivienda, que sirva para obtener un agua de una calidad que cumpla con las Normas nacionales o internacionales en cuanto a su vertimiento en un alcantarillado público o a un cuerpo de agua dulce o marina.

### **1.5. Delimitación o alcance de la investigación.**

**Campo:** Educación Superior. Pregrado.

**Área:** Ingeniería Civil. Mención sanitaria y ambiental.

**Aspecto:** Investigación experimental, plantas de tratamiento.

**Tema:** Evaluación de la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en un reactor aeróbico secuencial discontinuo tratando aguas residuales domésticas en planta piloto. -2da fase-.

**Delimitación espacial:** Laboratorio de Aguas de la Facultad de Ingeniería, Industria y construcción de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.

**Delimitación temporal:** 12 meses.

### **1.6. Hipótesis.**

Optimizar el rendimiento del reactor aeróbico secuencial discontinuo aumentando el porcentaje de la remoción de materia orgánica en términos de DBO

(demanda bioquímica de oxígeno), al comprobar que el volumen de inóculos de lodo cativo usado en el agua residual es el adecuado y al registrar los mejores tiempos de aireación y sedimentación del reactor.

#### **1.6.1. Variable independiente.**

Necesidad de sistemas de tratamiento de aguas residuales domesticas de bajo costos, pues se requiere de mucho espacio para implementar plantas de tratamiento convencionales en áreas de concentración demográfica, sumado al desinterés o desconocimiento de la población sobre la contaminación al medio ambiente al descargar aguas residuales sin tratamiento previo.

#### **1.6.2. Variable dependiente.**

La implementación de plantas de tratamiento rudimentarias provocaría focos de infección por la contaminación de los cuerpos de agua donde finalmente son depositadas las aguas residuales.

### **1.7. Línea de Investigación.**

Línea 3. Territorio, medio ambiente, y materiales innovadores para la construcción.

## **CAPÍTULO II.**

### **MARCO TEÓRICO.**

#### **2.1. Marco Conceptual.**

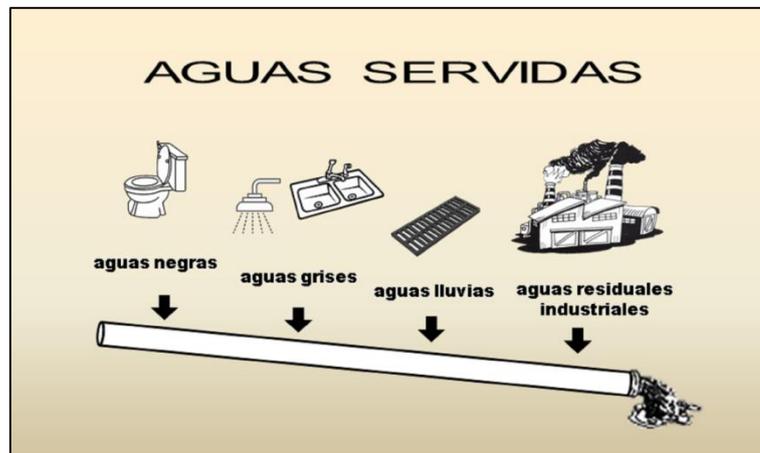
##### **2.1.1. Generalidades**

Desde los primeros años del siglo XX se ha venido tratando las aguas residuales, y se ha avanzado en gran medida en la tecnología usada para este fin, de tal manera que hoy en día se puede tratar toda clase de aguas residuales. En la actualidad los diferentes tipos de procesos de tratamiento de estas aguas no significan un gran gasto, pues en la evolución de estos sistemas se han simplificado los procesos así como los sistemas de control, y en casos particulares se puede recuperar la totalidad de la inversión al generar biocombustibles siendo esta una buena inversión con réditos tanto económicos como ambientales. (Angulo Cortéz, I., López Sánchez, A., & Reyes Burgos, J. 2010).

##### **2.1.2. Aguas Servidas**

Las aguas residuales, también llamadas aguas servidas, son cualquier tipo de agua cuya calidad se haya visto afectada de manera negativa después del uso doméstico o industrial, también se incluyen los residuos líquidos mineros eliminados, que por razones de salubridad no pueden verterse directamente a los afluentes o cuerpos de agua dulce o marina sin el debido tratamiento. Las aguas servidas contienen sólidos en suspensión orgánicos e inorgánicos, los inorgánicos como la arcilla, sedimentos principalmente formados por nitrógeno, fósforo, cloruros carbonatos, sulfatos y otros residuos se pueden

eliminar de manera mecánica y química. (Angulo Cortéz, I., López Sánchez, A., & Reyes Burgos, J. 2010).



*Figura 1: Tipos de aguas residuales*  
*Fuente: Elaboración propia*

Los materiales en suspensión de naturaleza orgánica generalmente se tratan con microorganismos que oxidan la materia orgánica convirtiéndola en  $\text{CO}_2$ . La concentración de estos materiales orgánicos se determina a través de la  $\text{DBO}_5$ , la cual mide el material orgánico carbonáceo principalmente. El correcto tratamiento de las aguas servidas elimina los patógenos y evita que lleguen a los cuerpos de agua dulce o a otras fuentes de abastecimiento. Este tratamiento biológico es un tratamiento secundario ligado a dos procesos microbiológicos, los aeróbicos y los anaeróbicos. (Angulo Cortéz, I., López Sánchez, A., & Reyes Burgos, J. 2010).

El proceso secundario de las aguas servidas tiene como objetivo eliminar materia orgánica en disolución mediante una serie de reacciones complejas de digestión y fermentación efectuadas por diferentes microorganismos principalmente bacterias, en un proceso natural controlado en el que interviene los microorganismos suspendidos en el agua residual que se

desarrolla en un reactor de aireación, este proceso culmina con la transformación de la materia orgánica en CO<sub>2</sub> y gas metano, gas que puede ser usado y comercializado como fuente de energía al ser un gas volátil. (Angulo Cortéz, I., López Sánchez, A., & Reyes Burgos, J. 2010).

Finalmente en el volumen de agua residual tratada ha disminuido notoriamente el contenido de material orgánico y la eficacia de este tipo de tratamiento se verifica en los porcentajes de disminución de DBO.

### **2.1.3. Impacto ambiental de las aguas servidas**

Desde el inicio de nuestra historia, la basura que producimos por nuestras diversas actividades ha ido a parar a los ríos, mares y lagos. Aunque si bien el agua tiene un ciclo natural que le permite en cierta medida purificarse, es esta misma característica la que ha fomentado la mala costumbre de desechar toda clase de residuos en los cuerpos de aguas que tengamos a la mano, desde productos químicos, hasta radioactivos, sin mencionar nuestros desechos fecales, tal es el caso que en lugares remotos del planeta las aguas tienen alguna medida de contaminación, haciéndolas peligrosas para las formas de vida que en ellas habitan incluido el ser humano.

Como expusimos antes, la contaminación de las aguas empezó desde el inicio de la civilización, y en lugares tan antiguos como Sumeria en el actual Irak y en Egipto en la desembocadura del río Nilo, existe desde hace milenios un alto nivel de contaminación, no obstante es en este tiempo contemporáneo cuando el problema se ha extendido a nivel global. Generalmente en los puertos, donde por su ubicación, son zonas de gran desarrollo industrial,

convirtiendo los ríos y los afluentes en verdaderas cloacas, transportando en sus aguas toda clase de residuos contaminantes.



*Figura 2: Impacto ambiental de descargas de aguas residuales sin tratar.  
Fuente: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (2005)*

El problema, con el tiempo, se ha ido extendiendo sobre todo a los países desarrollados, aunque también cabe mencionar que en estos lugares se han realizado importantes mejoras en el tratamiento de las aguas residuales, debido a la capacidad de solucionar problemas que tiene el ser humano, pues aunque somos capaces de cambiar completamente un hábitat o un sistema con el fin de satisfacer nuestras necesidades, también podemos darle la solución debida, y esta es una tarea que concierne al mundo entero, pues hemos sido nosotros mismos los que provocamos este impacto ambiental.

#### **2.1.3.1. Contaminación del agua**

Se puede definir contaminación del agua a la modificación de esta, debido al efecto de verter materias de manera directa o indirecta, que cause una alteración negativa en su calidad, ya sea en el aspecto químico, físico o biológico de tal manera que la vuelva peligrosa o inapropiada para el

consumo humano y animal, así como para el uso agrícola, actividades marinas de índole recreativa y la pesca en general. Aunque los agentes contaminantes pueden tener procedencia natural, como por ejemplo, la erupción de un volcán y a la gran cantidad de cenizas que se depositan eventualmente en el agua, generalmente un alto porcentaje de la contaminación está ligado al desarrollo y progreso de la humanidad.

#### **2.1.3.2. Tipos de contaminación del agua**

El agua puede verse contaminada por:

**1.- Compuestos minerales.-** Suelen ser metales pesados como el plomo y el mercurio que son sustancias tóxicas. Nitratos. El cobre y el hierro que pueden alterar el olor, sabor y color del agua. El fósforo que disminuye la cantidad de oxígeno disuelto en el agua. Si bien muchos de estos no son tóxicos, pero si son capaces de modificar las características físicas del agua y afectar la vida marina.

**2.- Compuestos orgánicos.-** como los fenoles, hidrocarburos, etc. que al facilitar el desarrollo de seres vivos se produce una desoxigenación del agua, pues estos consumen el oxígeno.

**3.- Contaminación microbiológica.-** debida principalmente a la presencia de bacterias, virus, patógenos en las descargas, que afecta los nutrientes del agua y al balance del sistema marino.

#### **2.1.4. Características de las aguas servidas**

Es claro que cada tipo de agua residual tiene diferentes características entre sí, entre estas debemos tomar en cuenta sobre todo las características físicas,

químicas y biológicas. Una buena caracterización nos dará la oportunidad de tener un buen manejo de estas aguas y seleccionar el tratamiento adecuado.

#### **2.1.4.1. Clasificación de las aguas servidas.**

Existen muchas maneras de generar aguas servidas, después de tomar el agua directamente de la naturaleza o de las redes de agua potable, para algún uso determinado. Cuando estas aguas se descargan las llamamos vertidos, y dependiendo de la manera en que se originan estos vertidos se determinan sus características. Los principales tipos de aguas servidas se clasifican en:

- **Aguas Servidas Domesticas.**

Generalmente residuos líquidos provenientes de la contaminación de los núcleos urbanos como zonas residenciales, viviendas, centros comerciales o industriales. A su vez estas aguas se subdividen en aguas negras y aguas grises.

- **Aguas Negras.**

Son las aguas servidas que provienen directamente de los excusados, con residuos en estado de suspensión, disueltos o en un punto intermedio conocido como coloidal. Estos residuos cuando son de origen orgánico afectan al líquido residual, generando malos olores y aspecto indeseable, por la descomposición a la que se somete una vez que los microorganismos asociados a estas aguas se alimentan de materia orgánica muerta.

- **Aguas Grises.**

Estas provienen de los lavabos, duchas, lavaderos de ropa, las cuales se caracterizan por contener grasas y ser jabonosas. Su principal diferencia con

las aguas negras es que estas no poseen bacterias fecales, y hasta se las puede reutilizar usándolas en regadíos de campo o para limpieza de inodoros.

#### **2.1.5. Tratamiento de aguas servidas**

El tratamiento de aguas servidas actualmente lleva consigo tantos procesos de tratamiento y equipos, operaciones unitarias y de proceso que se hizo evidente que, sobre todo, la ingeniería química debería tener una participación prioritaria en la resolución de los problemas de aguas servidas. El concepto de operaciones unitarias, desarrollado fundamentalmente en la ingeniería química a lo largo de los últimos 50 años, constituye la llave de la aproximación científica a los problemas de diseño que se encuentran en el tratamiento de aguas servidas. (Ramalho, R. S. 1990).

Para el tratamiento tanto de aguas residuales domésticas como industriales hay que empezar a considerar nuevas tecnologías, nuevos procesos y en general nuevas líneas de tratamiento, así como la modificación de las antiguas. La imagen actual de una planta de tratamiento no es la de grandes depósitos de hormigón, sino la de una serie de procesos unitarios integrados. (Ramalho, R. S. 1990).

Actualmente existe tendencia en agrupar los métodos de tratamiento en dos grandes grupos e independientemente de la eficiencia remocional de la carga orgánica: Operaciones Unitarias y Procesos Unitarios. En el primer caso predomina la aplicación de principios físicos y en el segundo la actividad química o biológica. En el pasado, los procesos y operaciones unitarias se agrupaban bajo la denominación de tratamiento primario, secundario y terciario. (Rojas, R. 2002).

En el tratamiento primario se agrupaban las operaciones del tipo físico, en el segundo los procesos biológicos de asimilación de la materia orgánica y el término terciario o tratamiento avanzado se ha aplicado a procesos utilizados para eliminar contaminantes no removidos por el tratamiento primario o secundario. (Rojas, R. 2002).

### **2.1.5.1. Tratamiento Preliminar**

Está destinado a la preparación o acondicionamiento de las aguas residuales con el objetivo específico de proteger las instalaciones, el funcionamiento de las obras de tratamiento y eliminar o reducir sensiblemente las condiciones indeseables relacionadas principalmente con la apariencia estética de las plantas de tratamiento. (Rojas, R. 2002).

Los objetivos de tratamiento de las unidades preliminares se muestran en la tabla 1.

*Tabla 1: Objetivos de procesos de pretratamiento*

<b>PROCESO</b>	<b>OBJETIVOS</b>
<b>Rejas o tamices</b>	Eliminación de sólidos gruesos
<b>Trituradores</b>	Desmenuzamiento de sólidos
<b>Desareadores</b>	Eliminación de arenas y gravillas
<b>Desengrasadores</b>	Eliminación de aceites y grasas
<b>Preareación</b>	Control de olor y mejoramiento del comportamiento hidráulico

**Fuente:** Rojas. R., 2002.

### 2.1.5.2. Tratamiento Primario.

Tiene como objetivo la remoción por medios físicos o mecánicos de una parte sustancial del material sedimentables o flotante. Es decir, el tratamiento primario es capaz de remover no solamente la materia que incomoda, sino también una fracción importante de la carga orgánica y que puede representar entre el 25% y el 40% de la DBO y entre el 50% y el 65% de los sólidos suspendidos. Entre los tipos de tratamiento primario tenemos:

- Sedimentación primaria.
- Flotación.
- Filtros gruesos.

(Rojas, R. 2002).



*Figura 3: Tanque de sedimentación primaria  
Fuente: Alfredo Bianco Geymet.*

### 2.1.5.3. Tratamiento Secundario.

La reducción de los compuestos orgánicos presentes en el agua residual, acondicionada previamente mediante tratamiento primario, se realiza exclusivamente por procesos biológicos. Este Proceso reduce o convierte la

materia orgánica finamente dividida y/o disuelta, en sólidos sedimentables o floculentos que puedan ser separados por sedimentación en tanques de decantación. Los procesos biológicos más utilizados son los lodos activados o filtros percoladores. (Rojas, R. 2002).

Son muchas las modificaciones de estos procesos que se utilizan para hacer frente a los requerimientos específicos de cada tratamiento. Así mismo, dentro de este grupo se incluyen a las lagunas de estabilización y aireadas, así como el tratamiento biológico empleando oxígeno puro y tratamiento anaeróbico. Los tratamientos biológicos de esta categoría tienen una eficiencia remocional de la DBO entre el 85% al 95% y están compuestas por:

**Filtración biológica.**

- Baja capacidad.
- Alta capacidad.

**Lodos Activos.**

- Convencional.
- Alta capacidad.
- Contacto estabilización.
- Aireación prolongada.

**Lagunas.**

- Estabilización.
- Aireada.

**Otros.**

- Anaeróbicos.
- Oxígeno puro.

- Discos rotatorios.

(Rojas, R. 2002).



*Figura 4: Filtro oxidante de una planta rural*  
*Fuente: Alfredo Bianco Geymet.*

#### **2.1.5.4. Tratamiento avanzado o terciario.**

Tiene como objetivo completar los procesos anteriormente indicados para lograr efluentes más puros, con menor carga contaminante y que pueda ser utilizado para diferentes usos como recargas de acuíferos, recreación, agua industrial, etc. Las sustancias o compuestos comúnmente removidos son:

- Fosfatos y nitratos
- Huevos y quistes de parásitos
- Sustancias tenso activas
- Algas
- Bacterias y virus (desinfección)
- Radionúclidos
- Solidos totales y disueltos



### **2.1.6.1. La DBO como indicador de contaminación.**

A finales del siglo 19, J. Dupré encontró que existía una relación entre la concentración del oxígeno disuelto en el agua (OD) y su grado de contaminación. A mayor cantidad de materia orgánica contenida en una muestra de agua, más cantidad de oxígeno necesitan los microorganismos para oxidarla o degradarla. La actividad biológica es provocada por los microorganismos en condiciones aeróbicas, dando como consecuencia que la materia orgánica pierda sus propiedades contaminantes. Aquí existe intercambio de oxígeno en el agua. (Lecca, E. R., & Lizama, E. R. 2014).

La cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para oxidar residuos orgánicos de modo aeróbico de modo aeróbico se denomina **Demanda Bioquímica de Oxígeno.**

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se usa como una medida de cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia orgánica biodegradable, presente en la muestra de agua. (Ramalho, 2003).

En condiciones normales de laboratorio, la DBO se determina a una temperatura de 20°C en un tiempo de 5 días, siendo expresado en mg/l O<sub>2</sub> y es conocido como DBO<sub>5</sub>. Este procedimiento fue adoptado en 1936 por la Asociación Americana de Salud Pública, y desde entonces ha permanecido como un indicador de la contaminación. La DBO es uno de los indicadores más importantes en la medición de la contaminación en aguas residuales (AR), como también en el control de agua potable. (Lecca, E. R., & Lizama, E. R. 2014).

Las bacterias aeróbicas requieren de oxígeno para consumir la materia orgánica degradable presente en las aguas residuales. La cantidad consumida de oxígeno, se mide en la diferencia entre el oxígeno al principio y final de la prueba.

Entre las aplicaciones para la DBO, se mencionan:

- Medición de la calidad en las aguas superficiales y aguas residuales.
- Establecimiento de Límites Máximos Permisibles (LMP).
- Evaluación de plantas de tratamiento de aguas residuales o PTAR.
- Diseño de unidades de tratamiento biológicos.

(Lecca, E. R., & Lizama, E. R. 2014).

La DBO de cinco días, o  $DBO_5$  es la cantidad total de oxígeno consumida por los microorganismos durante los primeros cinco días de biodegradación. En su forma más simple, la prueba  $DBO_5$ , es poner una muestra de residuo en una botella cerrada y medir la concentración de oxígeno disuelto (OD) en la muestra al principio de la prueba y al cabo de cinco días; la diferencia de OD dividida por el volumen de desperdicio (P) es  $DBO_5$ . (Lecca, E. R., & Lizama, E. R. 2014).

$$DBO_{final} = \frac{OD_{inicio} - OD_{final}}{P}$$

#### **2.1.6.2. Método Respirométrico para determinar de $DBO_5$ .**

Este método sirve para la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ) en aguas naturales (superficiales y subterráneas) y en aguas

residuales domésticas e industriales, con un rango de aplicación desde el límite de cuantificación (LC) hasta 400 mgO<sub>2</sub>/L.

La prueba analítica de la DBO estima la cantidad de oxígeno que se requiere para degradar la materia orgánica de una muestra de agua, por medio de una población microbiana heterogénea. La información obtenida en la prueba corresponde a la materia biodegradable. **Este método proporciona una medida directa del oxígeno consumido por los microorganismos a partir de aire ambiente o de un medio enriquecido con oxígeno en un recipiente bajo condiciones de temperatura y agitación constantes.** (Gil, C. A. L. 2008).

#### **Soluciones de trabajo para determinar la DBO:**

- Solución amortiguadora de fosfatos (Macronutrientes).
- Solución de sulfato de magnesio MgSO<sub>4</sub>\*7H<sub>2</sub>O (Micronutrientes).
- Solución de cloruro de calcio CaCl<sub>2</sub> (Micronutrientes).
- Solución de cloruro férrico FeCl<sub>3</sub> \*6 H<sub>2</sub>O (Micronutrientes).
- Solución de hidróxido de potasio 6N.
- Solución patrón de control. (ácido glutámico-glucosa).
- **Inoculo: Depositar aproximadamente 1 Litro de agua proveniente de efluentes de tratamiento biológicos y proporcionarle aireación continua.**
- Agua de disolución, esto es agua destilada exenta de cloro.

(Gil, C. A. L. 2008).

## **2.2. Marco Técnico**

### **2.2.1. Reactor secuencial discontinuo (SBR).**

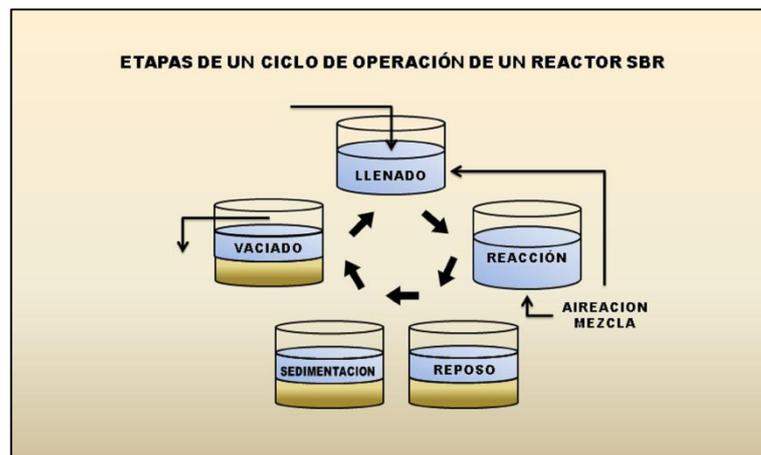
El reactor aeróbico secuencial discontinuo, es un sistema de lodos activos de llenado y descarga para el tratamiento de aguas servidas, la particularidad de este sistema es que las aguas servidas se depositan en un reactor único discontinuo, ahí se les dan tratamiento para eliminar elementos contaminantes y luego se vierten.

La aireación y la clarificación se logran usando un solo reactor discontinuo, se puede optimizar este proceso a colocar dos o más reactores discontinuos en una secuencia predeterminedada de operación, Este sistema ya ha sido probado con éxito en el tratamiento de aguas servidas domiciliarias e industriales, su uso es mayormente practico para el tratamiento de aguas servidas de caudales bajos.

Aunque parezca tecnología de punta, estos procesos no son recientes, a principios del siglo XX hasta la década de los 20, algunos de estos sistemas estaban ya funcionando, pero tuvieron que esperar hasta la década de los 50s y principios de los 60s para que este tipo de tratamiento vea resurgir el interés de la comunidad científica, pues en esta época se desarrollaron mejoras a los equipos y a la tecnología, estos significativos avances han permitido a estos sistemas competir con éxito con otros sistemas convencionales de tratamiento de lodos activos.

Los procesos unitarios de los reactores aeróbicos secuenciales discontinuos y los sistemas de lodos activos convencionales son iguales, US EPA 1983 afirma que “El sistema de reactores aeróbicos secuenciales discontinuos no

es más que un sistema de lodo activado que opera en el tiempo y no en el espacio” la diferencia radica en que los sistemas convencionales logran sus procesos mediante el uso de varios tanques, mientras que con la tecnología de reactores secuenciales discontinuos se realiza la equalización, tratamiento biológico y clarificación en un solo tanque al usar una secuencia de control temporizada, incluso en algunos casos también logra realizar una clarificación primaria. (EPA, U. 1999).



*Figura 6: Etapas de un ciclo de operaciones de un reactor SBR*  
*Fuente: Elaboración propia*

### 2.2.2. Proceso de una planta de tratamiento de aguas servidas (SBR).

En el proceso típico de una planta de tratamiento de aguas servidas con reactores secuenciales discontinuos, las aguas residuales pasan por pantallas y extracción de arenas antes de pasar al reactor, estas aguas pasan al tanque del reactor que está medio lleno y que ya contiene biomasa, esta biomasa se aclimata a los elementos contenidos en las aguas residuales en los ciclos anteriores, cuando el tanque del reactor se llena este se comporta como un sistema convencional de lodos activos, con la diferencia que este no tiene un flujo continuo de carga o descarga.

El mezclado y la aireación se detienen cuando las reacciones biológicas se han completado, la biomasa se asienta y el material flotante tratado se elimina, de la misma manera se elimina el excedente de biomasa en cualquier momento del ciclo. La eliminación frecuente es el resultado de mantener la relación de la masa de sustrato influente a biomasa de manera constante durante los ciclos del proceso. En cambio los sistemas de flujo continuo ajustan el caudal de lodos de retorno continuamente para mantener la relación de masa del sustrato influente a biomasa, a medida que varían las condiciones como del afluente, como su velocidad, las características y las concentraciones de desbordamiento del tanque de sedimentación.

Después que las aguas residuales pasan por el Reactor aeróbico secuencial discontinuo puede descargar en una cuenca de equalización, donde puede controlarse a una tasa predeterminada, el flujo de aguas residuales a la unidad adicional procesada, incluso dependiendo del caso se pueden filtrar las aguas de elementos sólidos y desinfectarlas. Un espesador y un digestor aeróbico constituyen el sistema de manejo de sólidos, En los sistemas convencionales de lodos activados hace falta el uso de bombas de lodo activado de retorno y bombas de lodos primarios, Algo que con los reactores secuenciales discontinuos no hay necesidad pues con este sistema se maneja un solo lodo y dependiendo de sus características se determina la cantidad de espesantes antes de la digestión.

El reactor secuencial discontinuo, mientras se llena, puede servir como cavidad de las aguas servidas para el proceso de equalizado, permitiéndole al sistema tolerar las cargas más altas del afluente e igualarlas en el reactor

discontinuo, mientras que en los sistemas convencionales de lodos activados se puede alterar el proceso de tratamiento, al ser necesaria la ecualización por separado para proteger el sistema biológico de los flujos máximos, esta operación puede eliminar biomasa, lo que puede producir la alteración.

Los clarificadores primarios se pueden diseñar dependiendo de la cantidad de sólidos suspendidos en total o de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), si estos son mayores de 400 a 500 mg/l es recomendable instalar uno, para esto se debe acudir a datos históricos para evaluarlos y determinar si es necesario un clarificador primario. Generalmente para el tratamiento de aguas servidas municipales no se necesita de un clarificador antes del reactor secuencial discontinuo, mientras que los sistemas convencionales de tratamiento de aguas servidas de lodo activo siempre usan clarificadores antes del sistema biológico.

Antes de la filtración de las aguas servidas es necesaria una ecualización después del reactor secuencial discontinuo, pues de no hacerlo así habría que diseñar los filtros para que acoja el caudal proveniente del reactor, lo que implica una gran área para su implementación debido a las dimensiones que tendrían estos filtros, por lo que es más factible usar un ecualizador entre el reactor y la filtración aguas abajo. En cambio en las plantas convencionales de lodos activos no es necesaria la ecualización previo a la filtración de las aguas, pues estas plantas manejan un caudal casi constante y continuo. (EPA, U. 1999).



**Figura 7:** Diagrama de flujo de proceso de un Reactor Secuencial Discontinuo típico.  
**Fuente:** Parsons Engineering Science (2014)

### 2.2.3. Aplicación de una planta de reactores secuenciales discontinuos.

Los sistemas de reactores secuenciales discontinuos son pequeños en comparación con los sistemas convencionales de tratamiento de lodos activados, de manera que son especialmente útiles en lugares donde no se cuenta con una gran área para implantar una planta de tratamiento. Los caudales máximos para sistemas de tratamiento con reactores secuenciales discontinuos es de 5 MGD (millones de galones por día) para caudales mayores es necesaria una operación más compleja de los reactores lo que desalienta su uso.

Los ciclos del sistema, si es necesario, pueden ser modificados para que más adelante se puedan eliminar nutrientes, lo que vuelve al sistema ideal, pues en muchos casos los parámetros regulatorios de los efluentes suelen cambiar, teniendo este sistema la capacidad de adaptarse a dichos cambios.

Un solo recipiente de reactor es necesario para lograr la igualación, la clarificación primaria, el tratamiento biológico y la clarificación secundaria, además de ser un sistema flexible, mantener el control del funcionamiento y ocupar áreas relativamente pequeñas, son algunas de las ventajas de estos

sistemas, pues permiten el ahorro de dinero en equipos como clarificadores entre otros.

Por otro lado su uso en sistemas de caudales mayores, necesita de operaciones más complejas, comparadas con los sistemas convencionales, al requerir de temporizadores y controles, esto a su vez demanda un mayor gasto en mantenimiento, al volverse más automatizada la planta. Siempre existe la posibilidad de descargar lodo flotante en el momento de la decantación o de que se tapen los dispositivos de aireación, dependiendo del tipo que use el fabricante, y el uso indispensable de un ecualizador después del reactor son algunas de la desventajas de estos sistemas. (EPA, U. 1999).

#### **2.2.4. Parámetros de diseño de plantas con Reactores Secuenciales**

##### **Discontinuos**

Para este y cualquier tipo de plantas de tratamiento de aguas servidas, lo primero que debe conocerse son las características tanto del afluente de aguas residuales como las del efluente donde se van a descargar las aguas tratadas, ya que generalmente estas características varían de caso en caso. Entre los principales parámetros a considerar en el diseño están:

- Caudal de diseño.
- Caudal diario máximo de DBO<sub>5</sub>
- Cantidad de partículas en suspensión (TSS).
- Temperatura.
- El PH.
- Alcalinidad
- Nitrógeno total según método de Kjeldahl (TKN)

Los organismos de control son los que determinan y regulan los parámetros de los efluentes de descarga, en nuestro caso estos serán dictados por el Ministerio del Ambiente. Para descargas municipales los parámetros que generalmente se permiten son:

- Caudal.
- Demanda bioquímica de oxígeno DBO<sub>5</sub>.
- Los sólidos en suspensión (TSS).
- Coliformes fecales.

Con las características del afluente de aguas servidas y del efluente de descarga, se consulta al fabricante del reactor secuencial discontinuo para que diseñe en función de estos parámetros, en la tabla 1 podemos observar algunos de los parámetros de un sistema de carga de aguas servidas.

*Tabla 2: Parámetros de diseño clave para una carga convencional.*

	<b>Municipal</b>	<b>Industrial</b>
<b>Alimento de masa (F:M)</b>	0.15 – 0.4 / día	0.15 – 0.6 / día
<b>Duración del ciclo de tratamiento</b>	4.0 horas	4.0 – 24 horas
<b>Sólidos suspendidos en un nivel bajo de mezcla de aguas y licor</b>	2000 – 2500 mg/L	2000 - 4000 mg/L
<b>Tiempo de retención hidráulica</b>	6 - 14 horas	varía

*Fuente: Aqua SBR Desing manual, 2013*

Al determinar los parámetros principales de diseño se procede a calcular la cantidad de ciclos necesarios por día, las cuencas, el volumen y tiempo de decantación así como el tamaño del reactor, se pueden también dimensionar el equipo de aireación, el decantador y las tuberías asociadas, para un buen diseño del sistema de aireación hace falta información específica del sitio, como el nivel del terreno referido al nivel medio del mar, los sólidos disueltos y la temperatura de las aguas servidas.

Un reactor secuencial discontinuo funciona en base al principio de llenado y drenaje, y son cinco los pasos básicos de este proceso:

1. Inactivo.
2. Llenado.
3. Reacción.
4. Decantación.
5. Drenaje.

Las operaciones en cada uno de estos pasos pueden variar dependiendo del caso. Las secuencias operativas optimas se determinan dependiendo del origen de las aguas residuales, si son industriales hará falta un estudio de tratabilidad, mientras que si son de aguas residuales municipales, no será necesario este estudio, pues estas aguas fluyen y sus características aunque varíen son predecibles, los diseñadores generalmente siguen parámetros de diseño conservadores.

#### **2.2.4.1. Fase Inactiva**

Se lleva a cabo entre el Drenaje y el Llenado, tiempo en el cual se eliminan las aguas tratadas y se agregan las aguas residuales del afluente, el tiempo que dura este paso es variable en función del caudal de entrada y de la estrategia de operación. Cuando este tiempo de inactividad es variable se hace necesaria la ecualización, en este paso también se puede realizar la mezcla de la biomasa y el desperdicio de lodo, dependiendo siempre de la estrategia de operación.

#### **2.2.4.2. Fase de Llenado.**

Las aguas servidas ingresan al reactor, se utilizan tres variaciones de llenado, y dependiendo de la estrategia de operación se pueden usar todas o cualquiera de las tres.

- Llenado Estático.
- Llenado Mixto.
- Llenado aireado.

**En el Llenado estático** el reactor con biomasa recibe el afluente de aguas servidas, en esta variación de llenado no existe la mezcla ni la aireación, lo que resulta en una gran concentración de sustrato o alimento en el momento de iniciar la mezcla (F:M), esta característica proporciona un ambiente ideal para los organismos que forman los flóculos versus los organismos filamentosos, provocando una buena sedimentación para los lodos.

Otra buena característica de este tipo de llenado es que permite la eliminación biológica del fósforo, pues las condiciones de este llenado

estático son favorables para los organismos productores de producto de almacenamiento interno durante las condiciones de alto sustrato. En las plantas convencionales este tipo de llenado tiene un símil con el uso de compartimientos selectores para controlar la relación F:M.

**El Llenado mixto** consiste en el mezclado de los elementos orgánicos del afluente con la biomasa, dando inicio a reacciones biológicas, Durante este tipo de llenado de condiciones anóxica las bacterias degradan los compuestos orgánicos de manera biológica, usando oxígeno residual o nitrato-nitrógeno, también se da la desnitrificación en este proceso, al transformar el nitrato-nitrógeno en nitrógeno gaseoso. En plantas convencionales de eliminación de nutrientes biológicos, este llenado mixto se compara con la zona anóxica usada para la desnitrificación.

Después que los micro organismos usan el nitrato-nitrógeno, en este proceso de llenado mixto se dan las condiciones anaeróbicas, pues estas se caracterizan por la ausencia de oxígeno.

**El llenado aireado** se caracteriza por la aireación del contenido del reactor que dan inicio a las reacciones aeróbicas que son completadas más adelante por la fase de Reacción, este tipo de llenado aireado reduce el tiempo de aireación en la fase de Reacción. (EPA, U. 1999).

#### **2.2.4.3. La fase de Reacción**

Es donde se completan las reacciones biológicas, existen dos tipos de reacciones, las aireadas y las mixtas, la diferencia entre ambas es que durante las reacciones airadas, las reacciones aeróbicas iniciadas en el llenado aireado

se completan y se logra la nitrificación convirtiendo el nitrito-nitrógeno a nitrato-nitrógeno, en cambio en las reacciones mixtas, se crean las condiciones anóxicas para lograr la nitrificación. (EPA, U. 1999).

#### **2.2.4.4. Fase de decantación o sedimentación.**

Se da cuando el reactor está en reposo, los resultados de la decantación como un caudal más claro y un lodo sedimentado más concentrado se pueden mejorar con una mezcla suave en las etapas iniciales. Una de las ventajas de los reactores secuenciales discontinuos sobre las plantas tradicionales, es que el reactor no tiene un caudal efluente que interfiera con el proceso de decantación. (EPA, U. 1999).

#### **2.2.4.5. Fase del Drenaje.**

Que usa un tanque para desaguar el caudal tratado, este generalmente difiere de acuerdo a los fabricantes de reactores, generalmente se encuentran dos tipos de decantadores, los flotantes y los fijos, siendo de mayor utilidad los flotantes, tal como se describe en la sección 2.2.5. Descripción del tanque y el equipo. (EPA, U. 1999).

### **2.2.5. Construcción de un sistema de Reactor secuencial Discontinuo.**

En primer lugar se destaca que los reactores secuenciales discontinuos, requieren de un área menor que la de las plantas convencionales de tratamiento de lodos activados, pues estos no necesitan de clarificadores primarios y secundarios. El área del sitio donde se necesita de un reactor

determina el tamaño del mismo, lo que propone una ventaja cuando no se cuenta con mucho espacio, la tabla 2 nos presenta algunos casos de estudio, que proponen estimaciones generales de tamaño para diferentes tasas de caudal. El tamaño de estos sistemas es específico del sitio y estos estudios de caso no reflejan todos los sistemas de este tamaño.

*Tabla 3: Estudios de casos para varias instalaciones de Reactores secuenciales discontinuos.*

<b>CAUDAL</b>	<b>REACTORES</b>			<b>SOPLADORES</b>	
	<b>No.</b>	<b>TAMAÑO</b> <b>(Pies)</b>	<b>VOLUMEN</b> <b>(MG)</b>	<b>No.</b>	<b>POTENCIA</b> <b>(HP)</b>
0.012	1	18 x 12	0.021	1	15
0.10	2	24 x 24	0.069	3	7.5
1.2	2	80 x 80	0.908	3	125
1.0	2	58 x 58	0.479	3	40
1.4	2	69 x 69	0.678	3	60
1.46	2	78 x 78	0.910	4	40
2.0	2	82 x 82	0.958	3	75
4.25	4	104 x 80	1.556	5	200
5.2	4	87 x 87	1.359	5	125

**Fuente:** Aqua-Aerobic Syste, Inc., 2014

La construcción de un tanque de Reactor secuencial discontinuo es más simple que un sistema convencional de lodo activado, pues es te sistema

elimina la necesidad de bombas y conductos de lodo activado de retorno (RAS) que se requieren en una planta de eliminación de nutrientes biológicos (BNR). Elimina la necesidad de recirculación interna de licor suspendido mezclado (MLSS), Si se utiliza en un sistema BNR convencional para devolver nitrato-nitrógeno.

Si bien el sistema de operaciones es más complejo que el de una planta de lodos convencional, pues incluye interruptores y válvulas automáticas e instrumentación, en sistemas más grandes estos controles son más sofisticados. Según los fabricantes de estos reactores, en Estados Unidos se utilizan para sistemas de aguas servidas pequeños, de menos de 2 MGD (millones de galones diarios), también recomiendan que se usen en comunidades pequeñas donde la tierra es limitada. Cabe mencionar que el Reactor más grande del mundo está en Emiratos Árabes Unidos que opera un sistema de 10 MGD.

- **Descripción del tanque y del equipo.**

Un sistema de reactores secuenciales discontinuos consta generalmente de cuatro partes esenciales, el tanque, equipos de aireación y mezcla, un decantador y un sistema de control. Estos sistemas se caracterizan por tener una unidad de control de interruptores y válvulas automáticas que controlan las secuencias y sincronizan las diferentes operaciones. Siempre debemos consultar por recomendaciones sobre los tanques y equipos al fabricante de Reactores.

Es posible que un ingeniero pueda diseñar un sistema de reactor, ya que existen disponibles en el mercado los tanques, controles y equipos necesarios de diferentes fabricantes, pero esto no es típico debido a la complejidad y sofisticación de los instrumentos usados en estos sistemas. Siempre es mejor que el sistema completo del reactor sea recomendado y suministrado por un solo fabricante de Reactores.

El Tanque del reactor se puede construir de acero o de hormigón, dependiendo del caso, para usos industriales los tanques de acero recubiertos con anticorrosivo son los más comunes, mientras que para el tratamiento de aguas municipales son más comunes los tanques de hormigón. Para la mezcla y la aireación existen algunas alternativas, siendo los sistemas de aireación a chorro los más típicos, los sopladores de desplazamiento positivo se usan generalmente para el diseño de estos sistemas de reactor, pues con estos se pueden controlar las variaciones de nivel del caudal en el reactor.

Los decantadores son la pieza fundamental que distingue a los diferentes fabricantes de reactores, y se dan de dos tipos, Flotantes y Fijos. Los flotantes ofrecen la ventaja de minimizar la eliminación de sólidos al efluente durante el paso de drenaje, al mantener el orificio de entrada ligeramente por debajo de la superficie del agua, además de ofrecer flexibilidad operativa para diferentes volúmenes de llenado y extracción.

Los decantadores fijos están integrados en el costado del lavabo y pueden usarse si se extiende la fase de decantación, la extensión de esta fase minimiza la posibilidad de que floten sobre el decantador fijo los sólidos de las aguas residuales. Muchas veces el decantador fijo es más económico que

el decantador flotante, y estos pueden diseñarse para que el operador suba o baje el nivel del decantador, sin embargo los decantadores fijos no cuentan con la flexibilidad de operaciones que si tiene los decantadores flotantes. (EPA, U. 1999).

#### **2.2.6. Consideraciones de seguridad y salubridad.**

Una de las principales preocupaciones a la hora de diseñar un sistema de tratamiento es la seguridad, para minimizar riesgos en la seguridad y salud se deben consultar los manuales existentes de diseños de plantas de tratamientos y los manuales de operación de plantas de tratamiento. Una planta o sistema diseñado adecuadamente y operado de buena manera minimiza las preocupaciones de salud y seguridad. (EPA, U. 1999).

#### **2.2.7. Rendimiento.**

El rendimiento de los reactores secuenciales discontinuos es generalmente comparado con los sistemas convencionales de lodos activos, Los reactores pueden lograr una buena remoción de cantidad de materia orgánica en términos de DBO (Demanda bioquímica de oxígeno) y eliminación de nutrientes dependiendo del diseño del sistema, de los criterios específicos del sitio de descarga y dependiendo de su modo de operación. Los Reactores secuenciales discontinuos normalmente alcanzan un 85% al 95% de eficiencia de eliminación de DBO.

Las garantías que proporcionan los distintos fabricantes de Reactores secuenciales discontinuos no exceden estos valores:

- 10 mg/L de DBO (Demanda bioquímica de oxígeno)
- 10 mg/L TSS (Total de Sólidos en Suspensión)
- 5 – 8 mg/L TN (Nitrógeno Total)
- 1 – 2 mg/L TP ( Fosforo Total)

### **2.2.8. Operación y mantenimiento de un SBR.**

Los reactores secuenciales discontinuos reducen los procesos de operación de mantenimiento, puesto que estos generalmente precinden de clarificadores primarios y secundarios, que si se usan por separado en la mayoría de los sistemas municipales. Tampoco es necesaria la operación de las bombas de retorno de lodos activados RAS.

En los sistemas tradicionales de eliminación de nutrientes biológicos, hace falta mucho trabajo de operación y mantenimiento para manejar cuencas anóxica, mezcladoras de zonas anóxica, cuencas toxicas, equipos de aireación de cuencas toxicas, bombas internas de recirculación de nitrato y nitrógeno. Mientras que con los Reactores Secuenciales Discontinuos se minimizan todos estos requisitos de operación y mantenimiento al hacer el mismo trabajo contando con equipo de aireación / mezcla.

En un reactor secuencial discontinuo, requieren de mayor mantenimiento que un sistema convencional de lodos activos, los sistemas de control, las válvulas automáticas y los interruptores automáticos, al ser estos la parte esencial del reactor. Al subir el nivel de sofisticación de los controles de una planta generalmente también se eleva el número de elementos que pueden fallar o requerir mantenimiento, mientras más grande sea la planta mayor será

el nivel de sofisticación de sus controles, por ende será también mayor el nivel de mantenimiento en las válvulas e interruptores automáticos.

Los Reactores Secuenciales Discontinuos, también pueden asociarse con flexibilidad operativa significativa. Pues se puede configurar estos reactores para simular las condiciones de cualquier planta convencional de lodos activos, incluidas las de eliminación de nutrientes biológicos BNR. Un ejemplo de esto puede ser al variar los tiempos de espera en el modo de reacción aireada, variando el tiempo de retención hidráulica HRT del típico 3.5 a 7 horas para simular un sistema de estabilización de contacto o elevando el tiempo HRT de 18 a 36 horas para un sistema de tratamiento de aireación.

Para una planta de eliminación de nutrientes biológicos, pueden alternarse los modos de reacción aireado y de reacción mixta para lograr la nitrificación y la desnitrificación. Se puede usar el modo de llenado mixto y el modo de reacción mixta para lograr la desnitrificación usando condiciones anóxicas. Incluso se puede eliminar fósforo al usar estos modos en última instancia para lograr condiciones anaeróbicas.

Los reactores secuenciales discontinuos operan en el tiempo y no en el espacio, lo que le permite variar la cantidad de ciclos por día y controlar los límites del efluente deseado, dando mayor flexibilidad. En cambio los sistemas convencionales de lodos activados requieren de un tanque con un volumen adicional para lograr la misma flexibilidad. (EPA, U. 1999).

## **2.3. Marco legal.**

### **2.3.1. Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua**

- **Título III: Derechos, Garantías Y Obligaciones**
  - **Capítulo VI: Garantías Preventivas**
    - **Sección Segunda: Objetivos de Prevención y Control de la contaminación del Agua**

#### **Artículo 79. Objetivos de prevención y conservación del agua.-**

La Autoridad Única del Agua, la Autoridad Ambiental Nacional y los Gobiernos Autónomos Descentralizados, trabajarán en coordinación para cumplir los siguientes objetivos:

c) Controlar y prevenir la acumulación en suelo y subsuelo de sustancias tóxicas, desechos, vertidos y otros elementos capaces de contaminar las aguas superficiales o subterráneas;

d) Controlar las actividades que puedan causar la degradación del agua y de los ecosistemas acuáticos y terrestres con ella relacionados y cuando estén degradados disponer su restauración;

e) Prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos sólidos, líquidos y gaseosos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua o afecten la salud humana, la fauna, flora y el equilibrio de la vida;

### **Artículo 80.- Vertidos: prohibiciones y control.**

Se consideran como vertidos las descargas de aguas residuales que se realicen directa o indirectamente en el dominio hídrico público. Queda prohibido el vertido directo o indirecto de aguas o productos residuales, aguas servidas, sin tratamiento y lixiviados susceptibles de contaminar las aguas del dominio hídrico público.

La Autoridad Ambiental Nacional ejercerá el control de vertidos en coordinación con la Autoridad Única del Agua y los Gobiernos Autónomos Descentralizados acreditados en el sistema único de manejo ambiental. Es responsabilidad de los gobiernos autónomos municipales el tratamiento de las aguas servidas y desechos sólidos, para evitar la contaminación de las aguas de conformidad con la ley.

### **Artículo 81.- Autorización administrativa de vertidos.**

La autorización para realizar descargas estará incluida en los permisos ambientales que se emitan para el efecto. Los parámetros de la calidad del agua por ser vertida y el procedimiento para el otorgamiento, suspensión y revisión de la autorización, serán regulados por la Autoridad Ambiental Nacional o acreditada, en coordinación con la Autoridad Única del Agua.

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados en el ámbito de su competencia y dentro de su jurisdicción emitirán la autorización administrativa de descarga prevista en esta Ley con sujeción a las políticas públicas dictadas por la Autoridad Ambiental Nacional.

## **Artículo 82.- Participación y veeduría ciudadana.**

Las personas, pueblos y nacionalidades y colectivos sociales, podrán realizar procesos de veedurías, observatorios y otros mecanismos de control social sobre la calidad del agua y de los planes y programas de prevención y control de la contaminación, de conformidad con la Ley.

### **• Título V.- infracciones, sanciones y responsabilidades**

#### **• Capítulo I: Infracciones**

### **Artículo. 148.- Procedimiento.**

El trámite del proceso administrativo para el conocimiento y sanción de las infracciones administrativas establecidas en esta Ley, se rige por las normas de este Capítulo.

### **Artículo. 149.- Competencia sancionatoria.**

El conocimiento y sanción de las infracciones a las disposiciones de esta Ley o su Reglamento, siempre que el acto no constituya delito o contravención, son competencia de la Autoridad Única del Agua y de la Agencia de Regulación y Control, en la forma establecida en esta Ley y en su Reglamento.

En aquellas infracciones que de conformidad con esta Ley deban ser determinadas por la Autoridad Ambiental Nacional o por la Autoridad Nacional de Salud, se requerirá su resolución en firme, en el procedimiento administrativo común, antes de dictar la sanción por parte de la Autoridad Única del Agua o la Agencia de Regulación y Control, según corresponda.

### **Artículo 150.- Clasificación de infracciones.**

Las infracciones administrativas contempladas en esta Ley se clasifican en leves, graves y muy graves.

### **Artículo 151.- Infracciones administrativas en materia de los recursos hídricos.**

Las infracciones administrativas en materia de recursos hídricos son las siguientes:

#### **c) Infracciones muy graves:**

**9.** Verter aguas contaminadas sin tratamiento o sustancias contaminantes en el dominio hídrico público.

#### **• Capítulo II: Sanciones**

### **Artículo. 160.- Sanciones.**

Las infracciones determinadas en esta Ley se sancionarán con:

**a)** Multa;

**b)** Suspensión de la autorización de uso y aprovechamiento productivo del agua; y,

**c)** Cancelación de la autorización de uso y aprovechamiento productivo del agua.

En caso de concurrencia de infracciones, se aplicará la sanción correspondiente a la más grave de las cometidas. En caso de infracciones cuyo conocimiento también corresponde a la Autoridad Ambiental Nacional, se coordinará el procedimiento de sanción. La autoridad podrá imponer como

medida cautelar, la suspensión de la autorización de uso o aprovechamiento productivo del agua, durante el proceso administrativo correspondiente.

**Artículo 161.- Remediación.**

En la resolución sancionatoria se dispondrá también la remediación a la que haya lugar; en caso de incumplimiento, la Autoridad Única del Agua asumirá la remediación y procederá a repetir en contra del infractor, el valor total asumido con un recargo de hasta el 20% sin perjuicio de las acciones que por daños y perjuicios haya lugar.

**Artículo 162.- Multas.**

En la resolución sancionatoria correspondiente, la Autoridad Única del Agua aplicará una multa de conformidad con la siguiente escala:

c) En caso de infracciones muy graves se aplicará una multa de entre cincuenta y uno a ciento cincuenta salarios básicos unificados del trabajador en general.

### **2.3.2. Texto Unificado Legislación Secundaria del Ministerio del Medio Ambiente. (TULSMA)**

- **Libro VI, Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes:**
  - **5.2 Criterios generales para la descarga de efluentes**

#### **5.2.4 Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce**

**5.2.4.1** Dentro del límite de actuación, los municipios tendrán la facultad de definir las cargas máximas permisibles a los cuerpos receptores de los sujetos de control, como resultado del balance de masas para cumplir con los criterios de calidad para defensa de los usos asignados en condiciones de caudal crítico y cargas contaminantes futuras. Estas cargas máximas serán aprobadas y validadas por la Autoridad Ambiental Nacional y estarán consignadas en los permisos de descarga.

Si el sujeto de control es un municipio, este podrá proponer las cargas máximas permisibles para sus descargas, las cuales deben estar justificadas técnicamente; y serán revisadas y aprobadas por la Autoridad Ambiental Nacional.

**5.2.4.2** La determinación de la carga máxima permisible para una descarga determinada se efectúa mediante la siguiente relación desarrollada a través de un balance de masa, en el punto de descarga, en cualquier sistema consistente de unidades:

$$Q_e.C_e = (Q_e+Q_r) C_c - Q_r C_r$$

En donde:

**C<sub>e</sub>** = concentración media diaria (del contaminante) máxima permitida en la descarga (o efluente tratado), para mantener el objetivo de calidad en el tramo aguas abajo de la descarga, en condiciones futuras.

**C<sub>c</sub>** = concentración media diaria igual al criterio de calidad para el uso asignado en el tramo aguas abajo de la descarga.

**C<sub>r</sub>** = concentración del contaminante en el tramo aguas arriba de la descarga, cuyo valor debe ser menor que la concentración que el criterio de calidad C<sub>c</sub>.

**Q<sub>r</sub>** = caudal crítico de cuerpo receptor, generalmente correspondiente a un período de recurrencia de 10 años y siete días consecutivos o caudal con una garantía del 85%, antes de la descarga o caudal ambiental.

**Q<sub>e</sub>** = Caudal de la descarga en condiciones futuras (generalmente se considera de 25 años, período que es el utilizado en el diseño de las obras de descontaminación).

**5.2.4.3** Ante la inaplicabilidad para un caso específico de algún parámetro establecido en la presente norma o ante la ausencia de un parámetro relevante para la descarga bajo estudio, la Autoridad Ambiental Nacional deberá establecer los criterios de calidad en el cuerpo receptor para los caudales mínimos y cargas contaminantes futuras. La carga máxima permisible que

deberá cumplir el sujeto de control será determinada mediante balance de masa del parámetro en consideración.

La Entidad Ambiental de Control determinará el método para el muestreo del cuerpo receptor en el área de afectación de la descarga, esto incluye el tiempo y el espacio para la realización de la toma de muestras.

**5.2.4.4** Para el caso en el cual el criterio de calidad es la concentración de bacterias, la correspondiente modelación bacteriana es de carácter obligatorio, como parte de un Plan Maestro de Control de la Contaminación del Agua.

**5.2.4.5** En los tramos del cuerpo de agua en donde se asignen usos múltiples, las normas para descargas se establecerán considerando los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada uno.

**5.2.4.6** En condiciones especiales de ausencia de estudios del cuerpo receptor, se utilizarán los valores de la TABLA 9 de limitaciones a las descargas a cuerpos de agua dulce, con el aval de la Autoridad Ambiental Competente. Las concentraciones corresponden a valores medios diarios.

**5.2.4.7** Los lixiviados generados en los rellenos sanitarios cumplirán con las normas fijadas considerando el criterio de calidad de acuerdo al uso del cuerpo receptor. Adicionalmente, los límites máximos permisibles para descarga de estos lixiviados a cuerpos de agua, se regirán conforme a la normativa ambiental emitida para el efecto.

*Tabla 4: Limite de descarga a un cuerpo de agua dulce*

<b>TABLA 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce</b>			
<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permitido</b>
Aceites y grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. Carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl'	mg/l	1000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/10 0ml	2000
Color real	Color real	Unidades	Inapreciable en

		de color	dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	<u>Cr</u> <sup>+6</sup>	mg/l	0,5
<b>Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)</b>	<b>DBO<sub>5</sub></b>	<b>mg/l</b>	<b>100</b>
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fosforo total	p	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Material flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno total Kjeldahl	N	mg/l	50,0

Compuestos órgano clorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos organofosforados	Organofosforado s totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrogeno	pH		6 – 9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Solidos suspendidos totales	SST	mg/l	130
Solidos totales	ST	mg/l	1600
Sulfatos	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	mg/l	1000
Sulfuros	S <sup>2-</sup>	mg/l	0,5
Temperatura	°C		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
La apreciación de color se estima sobre 10 cm de muestra diluida			

*Fuente: Texto unificado legislación secundaria del Ministerio del Ambiente.*

**5.2.4.8** Las aguas provenientes de la explotación petrolífera y de gas natural, podrán ser reinyectadas de acuerdo a lo establecido en las leyes, reglamentos y normas específicas, que se encuentren en vigencia, para el sector hidrocarburífero.

**5.2.4.9** Las aguas residuales que no cumplan con los parámetros de descarga establecidos en esta Norma, deberán ser tratadas adecuadamente, sea cual fuere su origen: público o privado. Los sistemas de tratamiento deben contar con un plan de contingencias frente a cualquier situación que afecte su eficiencia.

**5.2.4.10** Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia los cuerpos receptores, canales de conducción de agua a embalses, canales de riego o canales de drenaje pluvial, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.

## **5.2.5 Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua marina**

**5.2.5.1** Se prohíbe la descarga de aguas residuales domésticas e industriales a cuerpos de agua salobre y marina, sujetos a la influencia de flujo y reflujo de mareas. Todas las descargas a cuerpos de agua estuarinos, sin excepción, deberán ser interceptadas para tratamiento y descarga de conformidad con las disposiciones de esta norma. Las Municipalidades

deberán incluir en sus planes maestros o similares, las consideraciones para el control de la contaminación de este tipo de cuerpos receptores, por efecto de la escorrentía pluvial urbana.

**5.2.5.2** Las descargas de efluentes a cuerpos de agua marina, se efectuaran teniendo en cuenta la capacidad de asimilación del medio receptor y de acuerdo al uso del recurso que se haya fijado para cada zona en particular.

**5.2.5.2.1** Las descargas de efluentes a cuerpos de agua marina para zonas del litoral consideradas de interés turístico y donde se priorice la defensa de la calidad del agua para recreación con contacto primario, deberán ser dispuestas previo tratamiento, mediante emisarios submarinos y en estricto cumplimiento de los límites fijados en la columna B de la tabla 10 de la presente norma, cuyas concentraciones corresponden a valores medios diarios. Para la instalación de emisarios submarinos se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

a) Se aplicará de forma obligatoria y como mínimo, un tratamiento primario antes de la cámara de carga del emisario submarino.

b) Los diseños e instalaciones de los emisarios submarinos que propongan los regulados, serán sometidos a aprobación de la Autoridad Ambiental Nacional y deberán contar con el respectivo proceso de licenciamiento ambiental.

c) Para los sujetos de control que actualmente descargan sus efluentes tratados en la línea de Playa y que por las consideraciones de la presente

Norma, deban instalar emisarios submarinos, se concederá un plazo de 12 meses para presentar los respectivos proyectos e iniciar el proceso de licenciamiento ambiental. Una vez aprobado el proyecto y obtenida la Licencia Ambiental se concederá un plazo de dos años para la instalación y puesta en marcha de los mismos.

Para nuevos sujetos de control, los proyectos de diseño e instalación de emisarios submarinos deberán contemplarse como parte integral del proceso de obtención de la licencia ambiental con los plazos que la Autoridad Ambiental Nacional fije en el respectivo Plan de Manejo

**5.2.5.2.2** Las descargas de efluentes a cuerpos de agua marina para sectores no considerados en el artículo 5.2.5.2.1, deberán cumplir con los límites máximos permisibles establecidos en la columna A de la tabla 10 de la presente Norma, cuyas concentraciones corresponden a valores medios diarios.

**5.2.5.3** Se prohíbe la descarga en zonas de playa, de aguas de desecho de eviscerado y de todo desecho sólido proveniente de actividades de transformación de peces y mariscos, sean a nivel artesanal o industrial. Las vísceras, conchas y demás residuos sólidos deberán disponerse como tal y las aguas residuales deberán tratarse y disponerse según lo dispuesto en la presente Norma.

**5.2.5.4** Se prohíbe la descarga de residuos líquidos no tratados, provenientes de embarcaciones, buques, naves u otros medios de transporte marítimo, fluvial o lacustre, hacia los sistemas de alcantarillado, o cuerpos receptores. Se observarán las disposiciones en las normas correspondientes.

**5.2.5.5** Los puertos deberán contar con un sistema de recolección y manejo para los residuos sólidos y líquidos provenientes de embarcaciones, buques, naves y otros medios de transporte, registrados por la Dirección Nacional de los Espacios Acuáticos.

*Tabla 5: Límites de descarga a un cuerpo de agua marina*

<b>TABLA 10. Límites de descarga a un cuerpo de agua marina</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Expresado como</b>	<b>U</b>	<b>Límite máximo permitido</b>	
			<b>(A) Descargas en zona de rompientes</b>	<b>(B) Descargas mediante emisarios submarinos</b>
Aceites y Grasas	Sust. Solubles en hexano	mg/l	30,0	30,0
Arsénico total	As	mg/l	0,5	0,5
Aluminio	Al	mg/l	5,0	5,0
Cianuro total	CN <sup>↓</sup>	mg/l	0,2	0,2
Cinc	Zn	mg/l	10,0	10,0

Cobre	Cu	mg/l	1,0	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5	0,5
Coliformes fecales	NMP	NMP/ 100ml	2000	2000
Color	Color verdadero	Unida des de color	*Inapreciable en dilución 1/20	*Inapreciable en dilución 1/20
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5	0,5
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2	0,2
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	DBO <sub>5</sub>	mg/l	200,0	400
Demanda química de oxígeno	DQO	mg/l	400,0	600
Hidrocarburos totales de petróleo	TPH	mg/l	20,0	20,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia	Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,01	0,01
Nitrógeno total Kjedahl	N	mg/l	40,0	40,0
Potencial de hidrogeno	pH		6-9	6-9
Solidos suspendidos totales	SST	mg/l	250	250,0

Sulfuros	S	mg/l	0,5	0,5
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	µg/l	50,0	50,0
Compuestos organofosforados	Organofosforados totales	µg/l	100,0	100,0
Carbamatos	Especies totales	mg/l	0,25	0,25
Temperatura	°C		<35	<35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
*La apreciación de color se estima sobre 10 cm de muestra diluida				

**Fuente:** texto unificado legislación secundaria Ministerio del Ambiente

## CAPITULO III.

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

#### 3.1. Tipo de investigación.

##### 3.1.1. Investigación experimental.

En la investigación de enfoque experimental, el investigador manipula una o más variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas, Dicho de otra forma, un experimento consiste en hacer un cambio en el valor de una variable (variable independiente) y observar su efecto en otra variable (variable dependiente). Esto se lleva a cabo en condiciones rigurosamente controladas, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento en particular. (Murillo, J. 2013).

(Montgomery. 1993) define literalmente el experimento como “...una prueba o ensayo,” (p.1) en la que es posible manipular deliberadamente una o más variables independientes para observar los cambios en la variable dependiente en una situación o contexto estrictamente controlado por el investigador. (Baray, H. L. Á. 2006).

La investigación experimental se caracteriza porque en ella el investigador actúa conscientemente sobre el objeto de estudio, en tanto que los objetivos de estos estudios son precisamente conocer los efectos de los actos producidos por el propio investigador como mecanismo o técnica para probar sus hipótesis. De acuerdo con los expertos, la experimentación es el método por excelencia de la investigación científica; por lo tanto, la investigación experimental es la verdadera investigación, mientras que el conocimiento

generado por la misma es el conocimiento realmente valido y científico.  
(Buendía Eisman, L. et al. 1998)

### **3.2. Enfoque de la investigación.**

Una vez elaborado el problema de la investigación, preguntas, objetivos e hipótesis, se elabora el diseño y se selecciona la muestra que se utilizara en el estudio de acuerdo con el enfoque elegido, la siguiente etapa consiste en recolectar datos pertinentes sobre las variables, sucesos, comunidades u objetos involucrados en la investigación. (Rojo, R., & Gómez, I. 2006)

En ese contexto, (Hernández, S. 2010, Fernández y Baptista 2014) en su obra metodología de la investigación, sostiene que todo trabajo de investigación se sustenta en dos enfoques principales: el enfoque cuantitativo y el enfoque cualitativo.

El propósito del siguiente tema es el de explicar los diferentes enfoques que se utilizan en una investigación científica y que representan la clave y guía para determinar resultados congruentes, claros objetivos y significativos.

#### **3.2.1. Enfoque cuantitativo.**

Uno de los pasos más importantes y decisivos de la investigación es la elección del método o camino que llevara a obtener de la investigación resultados validos que respondan a los objetivos inicialmente planteados. Desde esta decisión dependerá la forma de trabajo, la adquisición de la información, los análisis que se practiquen y por consiguiente el tipo de resultados que se obtengan; la selección del proceso de investigación guía todo el proceso investigativo y con base en él se logra todo el objetivo de toda la investigación. (Medina, M. I. R., Quintero, et al. 2013)

Bajo la perspectiva cuantitativa, la recolección de datos es equivalente a medir, de acuerdo con la definición clásica del término, medir significa asignar números a objetos y eventos de acuerdo a ciertas reglas. Muchas veces el concepto se hace observable través de referentes empíricos asociados a él. (Rojo, R., & Gómez, I. 2006)

En cuanto a las características, proceso y bondades que identifican al enfoque cuantitativo (Hernández Sampieri, R., et al 2006) señalan las siguientes:

*Tabla 6: Características, procesos y bondades del enfoque cuantitativo.*

<b>Características</b>	<b>Proceso</b>	<b>Bondades</b>
Mide fenómenos	Secuencial	Generaliza resultados
Utiliza estadísticas	Deductivo	Control sobre fenómenos
Prueba hipótesis	Probatorio	Precisión
Hace análisis causa-efectos	Analiza la realidad objetiva	Replica
		Predicción

*Fuente: a partir de Hernández Sampieri, R., et al. 2006.*

Durante el proceso de cuantificación numérica, el instrumento de medición o de recolección de datos juega un papel central. Por lo que deben ser correctos, o que indiquen lo que interesa medir con facilidad y eficiencia.

El instrumento de medición adecuado: es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o las variables que el investigador tiene en mente; en términos cuantitativos, se captura verdaderamente la realidad que se desea capturar, aunque no hay medición

perfecta, el resultado se acerca todo lo posible a la representación del concepto que el investigador tiene en mente. (Rojo, R., & Gómez, I. 2006)

### **3.3. Técnicas de investigación.**

La técnica es el conjunto de instrumentos y medios a través de los cuales se efectúa el método y solo se aplica a una ciencia. La diferencia entre método y técnica es que el método es el conjunto de pasos y etapas que debe cumplir una investigación y este se aplica a varias ciencias, mientras que técnica es el conjunto de instrumentos en el cual se efectúa el método. La técnica es indispensable en el proceso de investigación experimental, ya que integra la estructura por medio de la cual se organiza la investigación. (Chagoya, E. R. 2008)

Según (Chagoya, E. R. 2008) La técnica pretende los siguientes objetivos:

- Ordenar las etapas de la investigación.
- Aportar instrumentos para mejorar la información.
- Llevar un control de datos.
- Orientar la obtención de conocimientos.

En cuanto a técnicas de investigación, se estudiarán dos formas generales: Técnica documental y Técnica de campo.

#### **3.3.1. Técnica documental.**

Permite la recopilación de información para enunciar las teorías que sustentan el estudio de los fenómenos y procesos. Incluye el uso de instrumentos definidos según la fuente documental que hacen referencia. (Chagoya, E. R. 2008).

Existen diversas fuentes para la documentación tales como el bibliográfico, fotográfico, audiovisuales, magnetofónicos. Así como técnicas de documentar, sobre todo en la documentación bibliográfica, aplicando técnicas como la lectura, el subrayado y el fichaje, usando instrumentos como las fichas y cuadros estadísticos. (Alfredo, G., & Ortiz, P. 2010)

### **3.3.2. Técnica de campo.**

Permite la observación en contacto directo con el objeto de estudio, y el acopio de testimonios que permitan confrontar la teoría con la práctica en la búsqueda de la verdad objetiva. (Chagoya, E.R. 2008).

Según (Alfredo, G., & Ortiz, P. 2010) existen algunas técnicas de investigación de campo, como el fichaje, la observación participante y no participante, la entrevista, la encuesta, el muestreo y el censo.

### **3.4. Población y muestra**

El muestreo es un elemento clave en la metodología de la investigación ya que implica seleccionar a un grupo de elementos que se utilizarán para dirigir un estudio. Por lo tanto es importante diseñar un plan de muestreo que defina el proceso de selección del grupo de elementos seleccionados. Es fundamental expresar claramente en todo trabajo de investigación los siguientes aspectos del diseño metodológico: la población y las características que deben poseer los elementos para formar parte del estudio, el número de elementos que conforman la población, si este número se conoce con certeza o se puede estimar, el tipo de muestreo y la técnica utilizada, el tamaño de la muestra y el error de muestreo establecido.

La teoría del muestreo permite determinar de manera efectiva la muestra que refleje con exactitud las características de la población sometida al estudio, ya que no siempre es posible tomar a todos los elementos que conforman la población.

Aquí se presenta una definición de población amplia que es aplicable a todos los ámbitos de la investigación científica.

El tamaño de la muestra a estudiar y la forma de selección de las unidades muestrales se debe justificar convenientemente de acuerdo al planteo del problema, la población, los objetivos y el propósito de la investigación.

### **3.4.1. Definiciones**

#### **3.4.1.1. Universo**

Serie real o hipotética de elementos que comparten características definidas relacionadas con el problema de la investigación.

#### **3.4.1.2. Población**

Metodológicamente, en un trabajo de investigación, se denota a la población como un conjunto definido, limitado y accesible del universo que forma el referente para la elección de la muestra. Es el grupo al que se intenta generalizar los resultados del estudio. Comprende todos los elementos (personas, familias, grupos, objetos, organizaciones, etc.) que presentan características comunes que se definen a través de criterios establecidos para el estudio.

Se debe definir la población con precisión, de modo que sea manifiesto cuándo cierto elemento pertenece o no a esa población. Para el enfoque cuantitativo, la población debe situarse claramente en torno de características de contenido, lugar y tiempo.

Otros conceptos teóricos que se deben aclarar en este contexto son el de población finita y población infinita. Se refiere a una población finita cuando la población tiene un tamaño establecido y limitado, esto es, existe un número denotado por  $N$  que indica cuántos elementos conforman la población. Por otra parte se refiere a población infinita cuando es teóricamente imposible, ya que se necesita tiempo y recursos, observar todos los elementos. Aunque la población sea excesivamente grande no existe una población infinita de objetos físicos, entonces se considera infinita cuando no se puede enumerar en un tiempo razonable.

#### **3.4.1.3. Muestra**

Es una colección de individuos extraídos de la población a partir de algún procedimiento específico para su estudio o medición directa. Una muestra es una fracción o segmento de una totalidad que constituye la población. La muestra es en cierta manera una réplica en miniatura de la población. Se estudian las muestras para describir a las poblaciones, ya que el estudio de muestras es más sencillo que el de la población completa, porque implica menor costo y demanda menos de tiempo.

#### **3.4.1.4. Muestra representativa**

Para que una muestra sea representativa, tiene que contener las características relevantes de la población en las mismas proporciones en que están incluidas en tal población. Para evaluar la representatividad de la muestra se compara la media muestral con la media poblacional, si este parámetro se desconoce se puede estimar tratando de encontrar las medias obtenidas en trabajos anteriores que han analizado las mismas variables.

Siempre hay un grado de error en las estimaciones lo que constituye el error muestral, una de las maneras de minimizarlo es diseñando un plan de muestreo adecuado

### **3.4.2. Técnicas de muestreo no probabilístico**

Por cuotas, opinático o intencional, casual o incidental, por redes o bola de nieve.

#### **3.4.2.1. Muestreo por cuotas**

Consiste en formar estratos de la población sobre la base de ciertas características y en procurar que estén representadas en proporciones semejantes a las que existen en la población.

Principales características utilizadas: sexo, edad, ocupación, etc.

Una vez determinada la cuota se eligen los primeros que se encuentran y que cumplen esas características. Este tipo de muestreo tiene como beneficio que se pueden realizar estudios exploratorios rápidos y económicos.

#### **Aplicación:**

Una empresa quiere estimar la aceptación del sabor de un nuevo producto de la línea, para lo cual invita a la degustación del producto en un puesto comercial utilizando un muestreo por cuotas.

### **3.4.3. Determinación del tamaño de la muestra en investigación cuantitativa**

Los factores que determinan el tamaño de la muestra son la distribución de la población, el nivel de confianza y el margen de error permitido.

### **3.4.3.1. Distribución de la población**

La población puede ser homogénea o heterogénea, se puede realizar un estudio piloto para tener alguna medida estadística descriptiva como la media y la desviación estándar (S). Si no se poseen datos previos, se puede adoptar los supuestos de posición conservadora, esto es, considera un universo infinito por lo tanto los valores de la proporción en máxima incertidumbre son  $P=Q=0.50$ , entonces  $S=0.5$ .

### **3.4.3.2. Nivel de confianza**

Se refiere a la probabilidad de que la estimación efectuada se ajuste a la realidad.

Niveles de confianza: 0.90; 0.95; 0.99. Los valores de la tabla Normal para Z de acuerdo al nivel de confianza son: 1.645; 1.96 y 2.575 respectivamente.

En Ciencias Sociales puede aceptarse el trabajo con un nivel de confianza de 0.95.

Cuanto más grande es el nivel de confianza, mayor será la garantía de que la estimación realizada a través de la muestra se aproxime a la realidad.

### **3.4.3.3. Error de muestreo permitido**

Para fijar el tamaño de muestra adecuado a cada investigación es preciso determinar el porcentaje de error que estamos dispuestos a tolerar. El error es el porcentaje de incertidumbre, es el riesgo estimado de que la muestra elegida no sea representativa. A medida que se incrementa el tamaño de la muestra, el error muestral tiende a reducirse. Una medida normal se encuentra entre el 10% y 12%

#### 3.4.3.4. Tamaño de la Muestra

Si se establece una muestra probabilística y se conoce el tamaño de la población, de ahora en adelante denotado por N se procede a determinar por fórmula el tamaño de la muestra adecuado. No siempre se tiene el dato del tamaño de la población y entonces existe otra fórmula para obtenerlo. ¿Cuál es el menor número de unidades muestrales (personas, familias, grupos, organizaciones, etc.) que se necesitan para conformar una muestra (n) que asegure un error de muestreo menor de 0.01, 0.03 o 0.05?

Tamaño de la muestra denotado por n.

#### Muestreo aleatorio simple

$$n = \frac{S^2}{\frac{\varepsilon^2}{Z^2} + \frac{S^2}{N}}$$

Si se conoce el tamaño de la población:

N = tamaño de la población

n = tamaño necesario de la muestra

Z = margen de confiabilidad o número de unidades de desviación estándar en la distribución normal que producirá un nivel deseado de confianza

S = desviación estándar de la población conocida o estimada a partir de anteriores estudios o de una prueba piloto.

E = error o diferencia máxima entre la media muestral y la media de la población que se está dispuesto a aceptar con un nivel de confianza que se ha definido.

### CALCULOS:

Volumen máximo diario de diseño para vivienda tipo

Tipo de edificación	Unidad	Dotación
Bloques de viviendas	L/habitante/día	200 a 350
Bares, cafeterías y restaurantes	L/m <sup>2</sup> área útil /día	40 a 60
Camales y planta de faenamiento	L/cabeza	150 a 300
Cementerios y mausoleos	L/visitante/día	3 a 5
Centro comercial	L/m <sup>2</sup> área útil /día	15 a 25
Cines, templos y auditorios	L/concurrente/día	5 a 10
Consultorios médicos y clínicas con hospitalización	L/ocupante/día	500 a 1000
Cuarteles	L/persona/día	150 a 350
Escuelas y colegios	L/estudiante/día	20 a 50
Hospitales	L/cama/día	800 a 1300
Hoteles hasta 3 estrellas	L/ocupante/día	150 a 400
Hoteles de 4 estrellas en adelante	L/ocupante/día	350 a 800
Internados, hogar de ancianos y niños	L/ocupante/día	200 a 300
Jardines y ornamentación con recirculación	L/m <sup>2</sup> /día	2 a 8
Lavanderías y tintorerías	L/kg de ropa	30 a 50
Mercados	L/puesto/día	100 a 500
Oficinas	L/persona/día	50 a 90
Piscinas	L/m <sup>2</sup> área útil /día	15 a 30
Prisiones	L/persona/día	350 a 600
Salas de fiesta y casinos	L/ m <sup>2</sup> área útil /día	20 a 40
Servicios sanitarios públicos	L/mueble sanitario/día	300
Talleres, industrias y agencias	L/trabajador/jornada	80 a 120
Terminales de autobuses	L/pasajero/día	10 a 15
Universidades	L/estudiante/día	40 a 60
Zonas industriales, agropecuarias y fábricas*	L/s/Ha	1 a 2

Figura 10: Dotaciones para edificaciones específicas  
Fuente: NEC-11, Cap. 16-16, 2011

$$6 \text{ hab} \times 270 \text{ lt/hab/día} = 1620 \text{ lt/día}$$

$$N = 1620 \text{ lt}$$

**S**= 0.5 conservadora

**Z**= 1.645 valor mínimo de confiabilidad

**E**=0.11 normal para este tipo de muestreo, el análisis de DBO del laboratorio se lo realizó con un nivel de incertidumbre del 12% como podemos ver en el **Anexo 1**

**n**= tamaño de la muestra

$$n = \frac{0.5^2}{\frac{0.11^2}{1.645^2} + \frac{0.5^2}{1620 \text{ lt}}}$$

**n**= 54.04lt

## CAPITULO IV

### PROPUESTA

#### 4.1. Título:

Determinar los mejores tiempos de los parámetros que intervienen en el proceso, que permitan aumentar porcentajes de remoción de DBO (Demanda Bioquímica De Oxígeno) en reactores aeróbicos secuenciales discontinuos.

#### 4.2. Descripción de la propuesta.

En base a lo que ya se experimentó en la fase 1 de este proyecto, se estima aumentar los porcentajes de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) de un reactor aeróbico secuencial discontinuo, al aumentar los parámetros que intervienen directamente en el proceso, evaluando diferentes tiempos de aireación, de mezclado o agitación, de reposo. Así también como el volumen e inóculo de lodo activo proveniente de una planta de tratamiento activa.

Para este efecto se determinó hacer pruebas con 3 diferentes tiempos de aireación y mezclado de 1, 2 y 3 horas y 3 diferentes tiempos de reposo, de 48, 72 y 96 horas, dando un total de 9 pruebas repartidas de la siguiente manera:

- Prueba 1: 1 hora de aireación y mezclado, 48 horas de reposo.
- Prueba 2: 1 hora de aireación y mezclado, 72 horas de reposo.
- Prueba 3: 1 hora de aireación y mezclado, 96 horas de reposo.
- Prueba 4: 2 hora de aireación y mezclado, 48 horas de reposo.
- Prueba 5: 2 horas de aireación y mezclado, 72 horas de reposo.
- Prueba 6: 2 horas de aireación y mezclado, 96 horas de reposo.
- Prueba 7: 3 horas de aireación y mezclado, 48 horas de reposo.
- Prueba 8: 3 horas de aireación y mezclado, 72 horas de reposo.

- Prueba 9: 3 horas de aireación y mezclado, 96 horas de reposo.

Lo anterior dio un total de 648 horas de pruebas (27 días).

Así también se determinó que el volumen de inóculo de lodo activo a usar en las pruebas el reactor sería el 25% del volumen total del tanque.

Una vez determinado los parámetros de tiempo y volumen a evaluar se procede al desarrollo de las pruebas.

### **4.3. Desarrollo del modelo.**

#### **4.3.1. Implementación del Reactor.**

##### **4.3.1.1. Recalibración del reactor.**

En la fase 1 del proyecto se hicieron las pruebas con una velocidad de rotación de las aspas del reactor de 97 rpm, para la fase 2 se ajustó a 82 rpm para aplicar al modelo. Se procedió entonces a desarmar la estructura del reactor para dar espacio a la nueva polea. Se desarmó el sistema de poleas y se aumentó el diámetro de la Polea conductora #2 de 3,5” a 4”.



*Foto 1: Desmontaje del reactor del Laboratorio de Aguas de la ULVR  
Elaboración: Fernando Sandoval, 2019*

### Operaciones:

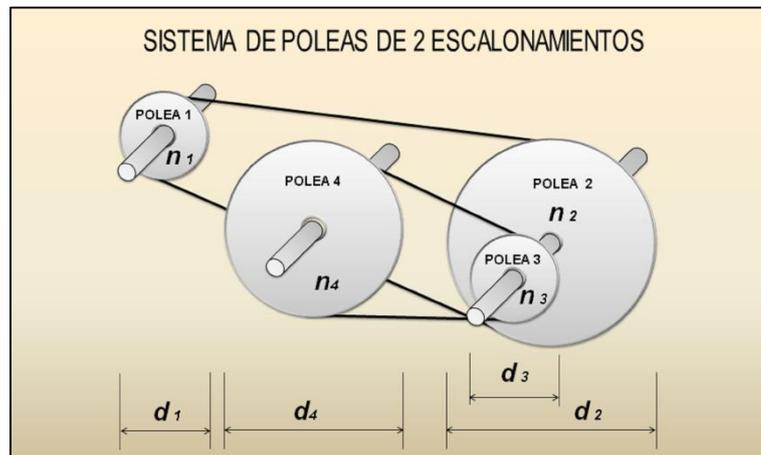


Figura 8: Diagrama de sistema de poleas de dos escalonamientos.  
Elaboración propia: Fernando Sandoval (2019)

### Datos:

$$n_1 = 460 \text{rpm}$$

$$i = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\phi_1}{\phi_2}$$

$$d_1 = 1.5''$$

$$d_2 = 4''$$

$$d_3 = 1.5''$$

$$d_4 = 3.5''$$

$$i = \frac{\phi_1 \cdot \phi_3}{\phi_2 \cdot \phi_4}$$

$$i = \frac{1.5 \cdot 1.5}{3 \cdot 4}$$

$$i = 0.21$$

$$i = \frac{n_4}{n_1}$$

$$n_4 = i \cdot n_1$$

$$n_4 = 0.21 \cdot 460 \text{rpm}$$

$$n_4 = 82 \text{rpm}$$

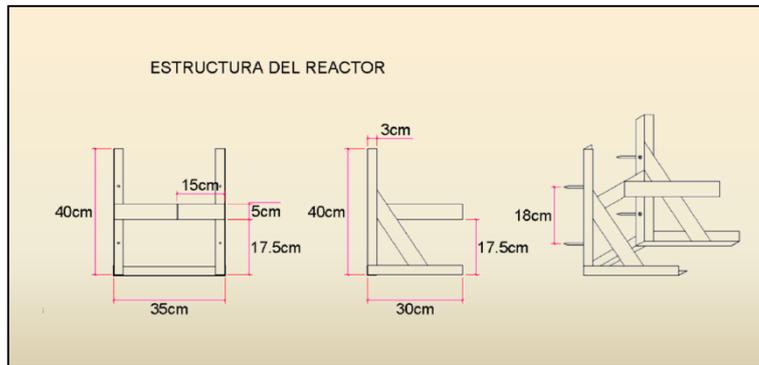


**Foto 2:** *Haciendo espacio para nuevas poleas*  
**Elaboración:** *Fernando Sandoval, 2019*



**Foto 3:** *Alineación de nuevas poleas*  
**Elaboración:** *Fernando Sandoval, 2019*

Terminado el cambio de poleas se rearmó el reactor, también se le construyó una estructura más sólida, de manera que pueda quedar fuertemente sujeta a la pared donde quedará finalmente empotrado. Para esta construcción se usaron platinas de 50x3mm y ángulos de 30x30x2mm. La estructura se ancló a la pared con 4 pernos de 1/4 x 3”



**Figura 9:** Planos estructura de soporte del Reactor.  
**Elaboración propia:** Fernando Sandoval (2019)



**Foto 4:** Construcción de estructura de soporte del reactor  
**Elaboración:** Fernando Sandoval, 2019



**Foto 5:** Montaje del reactor en el soporte  
**Elaboración:** Fernando Sandoval, 2019



*Foto 6: Empotramiento del reactor en el Laboratorio de Aguas ULVR  
Elaboración: Fernando Sandoval, 2019*

#### **4.3.1.2. Montaje del reactor en el laboratorio.**

Una vez que el reactor estuvo recalibrado y con el nuevo soporte, se procedió a empotrarlo en una de las paredes del Laboratorio de Aguas de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, luego de esto se conectaron las instalaciones sanitarias que previamente habían implementado los compañeros Quinto y Yépez para la primera fase del proyecto. Dichas instalaciones consistían en un tanque de 250 litros conectados al tanque del reactor por medio de una tubería de 1" con una llave de paso para controlar el llenado del reactor.

Se realizó también una nueva instalación para la aireación del tanque cambiando las tuberías de 1" de PVC por mangueras de PVC transparentes de 1/2", las uniones se realizaron con accesorios de cobre y se ajustaron con abrazaderas de acero inoxidable, la toma de aire se realizó con un dispositivo abre fácil, para desmantelar el compresor de manera rápida al final de cada prueba.

De esta manera quedo implementado el reactor y listo para empezar las pruebas de este proyecto, como para proyectos futuros. Tal como se muestra en la siguiente imagen.



*Foto 7: Implementación del reactor en el Laboratorio de Aguas ULVR  
Elaboración: Fernando Sandoval, 2019*

#### **4.3.2. Diseño de los tiempos de las etapas de SBR**

Cada ciclo de operación de un reactor SBR tiene una duración dada por el número diario de ciclos (ND):

$$t_{CICLO} = \frac{24(\text{horas}_{-}\text{por}_{-}\text{día})}{N_C(\text{ciclos}_{-}\text{por}_{-}\text{día})} \quad (\text{Horas})$$

##### **4.3.2.1. Tiempo de llenado o carga.**

Para un sistema SBR operando con dos reactores, el tiempo de carga ( $t_C$ ) queda determinado como el 50 % del tiempo del ciclo. En general, la carga

durará  $1/N_R$  (número de reactores) de la duración de cada ciclo. El ciclo tiene una duración de 24(Hrs/día) dividido por el número de ciclos ( $N_C$ ). Así:

$$t_C = \frac{24}{N_C} \cdot \frac{1}{N_R}$$

#### 4.3.2.2. Tiempo de reacción.

Es el tiempo necesario para producir el tratamiento (consumo) de la carga orgánica a través de la digestión aeróbica, mediada por los microorganismos que forman parte del lodo activado sin admitir alimentación.

Estrictamente, durante el período de carga también se puede proveer oxígeno produciéndose degradación de la carga orgánica, de tal forma que el tiempo de reacción sería la suma de ambos tiempos. Sin embargo, para propósitos de diseño de la duración de las etapas, se considera que la aireación ocurre sólo sin admitir alimentación, y se debe proveer el oxígeno necesario para disminuir la carga orgánica a los niveles deseados para el máximo volumen de reacción.

A objeto de optimizar el diseño del sistema de aireación desde el punto de vista de las inversiones y de los costos de operación (lo que se consigue proveyendo una sola fuente generadora de oxígeno para los dos reactores), se considera suministro de oxígeno durante la mitad del ciclo. Esto quiere decir para un ciclo de  $t_{CICLO}$  horas; con una etapa de carga de duración  $t_C$ , el

suministro de oxígeno en admisión será de  $t_C/2$  horas. De esta manera, el tiempo de reacción será también de  $t_C/2$ .

$$t_R = \frac{t_C}{2}$$

#### 4.3.2.3. Tiempo de sedimentación.

El tiempo de sedimentación en que el contenido del reactor se mantiene completamente estático, debe ser tal que la parte superior desde donde se procederá a retirar el efluente tratado debe estar completamente clarificado.

Debido a que el sistema usado para el retiro del efluente tratado podría ser un sistema de decantación por vertedero flotante circular (o similar), la altura del vertedero debe estar de acuerdo con la velocidad de retiro del sobrenadante. Para el caso de lodos activados se considera el valor empírico de la velocidad de sedimentación de partículas que floculan a medida que sedimentan igual a 1,1 cm/min (valor de la tasa hidráulica de sedimentación de 16 m<sup>3</sup>/día\*m<sup>2</sup>).

Es razonable conservar una altura de vertedero de 12 cm (para evitar la evacuación de grasas y aceites), se deduce un tiempo de sedimentación de 12 minutos (0,2 horas) para iniciar el retiro del sobrenadante. Este valor no debería cambiar con el tiempo de ciclo, dependiendo solamente de las propiedades de sedimentación del lodo activado producido. Por lo tanto:

$$t_S = 12 \text{ minutos}$$

#### 4.3.2.4. Tiempo de descarga de efluente tratado.

Este tiempo corresponde al necesario para evacuar el máximo nivel del reactor hasta el nivel mínimo manteniendo la parte superior del líquido clarificado a lo menos a 12 cm de la superficie. Esto quiere decir que se mantiene la evacuación a la misma velocidad de sedimentación, de tal manera de no evacuar lodos desde el reactor por la parte superior de salida del efluente tratado.

Ya que el tiempo total de las fases reacción, sedimentación y descarga debe ser igual al tiempo de carga,  $t_C$  del reactor gemelo, el tiempo de descarga se obtiene de

$$t_D = t_{CICLO} - t_C - t_R - t_S$$

El mínimo nivel de agua se encuentra a partir de la velocidad de sedimentación por este tiempo.

#### 4.3.2.5. Tiempo de descarga de lodos.

Usualmente la descarga de lodos se hace simultáneamente con la parte final de la descarga del reactor. Esto permite para la fase clarificada mantener la sedimentación dentro del tipo de sedimentación con floculación, impidiendo que se transforme en sedimentación tipo impedida que prevalece en la zona inferior del reactor donde se produce el espesamiento de lodos, siendo este último proceso más lento. Un valor razonable es de un tercio del tiempo de descarga del efluente.

Esto es un tiempo de descarga de lodos de 0,33 horas o 20 minutos. Así:

$$t_L = 20 \text{ minutos}$$

Se puede observar que la suma de los tiempos de las etapas cuadra, necesariamente, con el tiempo de ciclo, teniendo presente que la descarga de lodos ocurre simultáneamente con la descarga de efluente tratado.

Será de gran utilidad para los estudiantes ratificar que con la información anterior se logra diseñar (si bien en términos básicos solamente) un reactor SBR para una localidad similar a la desarrollada para el caso de la lagunas de aireación en mezcla completa o mezcla parcial. Luego, las diferencias pueden ser comparadas cuantitativa y cualitativamente.

#### **4.3.3. Determinación de los Tiempo del proceso.**

##### **4.3.3.1. Determinación del Tiempo de aireación.**

Teniendo en cuenta que en la fase 1 de este proyecto de evaluación de la Remoción de la Demanda Bioquímica de oxígeno de aguas residuales, se realizaron 4 pruebas con tiempos de aireación de 20m, 30m, 40m y 40m respectivamente los cuales las 3 primeras, en las que no se incluyó un inóculo de lodo activo en las aguas tratadas, arrojaron porcentajes muy bajos de remoción de DBO en las aguas tratadas, como se muestra en la **tabla 7**.

A fin de probar nuestra hipótesis, de que si incluíamos un inóculo de aguas servidas extraída de un tanque de lodos activos en operaciones, aumentaría significativamente la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas tratadas, se decidió pues aumentar los tiempos de aireación a probarse en esta segunda fase, teniendo como referencia los tiempos y los resultados obtenidos en las pruebas ya realizadas en la 1ra fase de esta investigación.

Se determinó entonces para esta 2da fase del proyecto probar con tres tiempos de aireación: 1, 2 y 3 horas. Que se alternaron en tres tandas, se realizaron 3 pruebas con cada uno de los diferentes tiempos de reposo.

Para este proceso se consideró usar un compresor que alimenta una línea de aire de 1/2" con una presión de 20psi, la misma que suministra aire al reactor por medio de orificios de 3mm cada 4cm en una longitud de manguera de 25cm ubicada en el fondo del reactor.

#### **4.3.3.2. Determinación del Tiempo de mezclado.-**

Teniendo en cuenta que en la fase 1 de este proyecto de evaluación de la Remoción de la Demanda Bioquímica de oxígeno de aguas residuales, se realizaron 4 pruebas con tiempos de mezclado de 20m, 30m, 40m y 40m respectivamente de los cuales las 3 primeras, en las que no se incluyó un inóculo de lodo activo en las aguas tratadas, arrojaron porcentajes muy bajos de remoción de DBO en las aguas tratadas, como se muestra en la **tabla 7**.

A fin de probar nuestra hipótesis, de que si incluíamos un inóculo de aguas servidas extraída de un tanque de lodos activos en operaciones, aumentaría significativamente la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas tratadas, se decidió pues aumentar los tiempos de mezclado a probarse en esta segunda fase, teniendo como fundamento las pruebas ya realizadas en la primera fase de esta investigación.

Se determinó para esta 2da fase del proyecto probar con tres tiempos de mezclado: 1, 2 y 3 horas. Que se alternaron en tres tandas, se realizaron 3 pruebas con cada uno de los diferentes tiempos de reposo. Este proceso se lo

realiza directamente con el reactor, haciendo girar sus aspas a una velocidad de 82 rpm.

Cabe señalar que la aireación y el mezclado se realizan al mismo tiempo en el reactor aeróbico secuencial discontinuo.

#### **4.3.3.3. Determinación del Tiempo de sedimentación.-**

De la misma manera que con los tiempos de aireación y mezclado tomamos en cuenta que en la fase 1 de este proyecto de evaluación de la Remoción de la Demanda Bioquímica de oxígeno de aguas residuales, se realizaron 4 pruebas con tiempos de sedimentación de 2h, 3h, 4h y 174h respectivamente de los cuales las 3 primeras, en las que no se incluyó un inoculo de lodo activo en las aguas tratadas, arrojaron porcentajes muy bajos de remoción de DBO en las aguas tratadas, como se muestra en la **tabla 7**.

A fin de probar nuestra hipótesis, de que si incluíamos un inóculo de aguas servidas extraída de un tanque de lodos activos en operaciones, aumentaría significativamente la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas tratadas, se decidió pues aumentar los tiempos de sedimentación a probarse en esta segunda fase, teniendo como fundamento las pruebas ya realizadas en la primera fase de esta investigación.

Se determinó para esta 2da fase del proyecto probar con tres tiempos de reposo: 48, 72 y 96 horas. Que se alternaron en tres tandas, se realizaron 3 pruebas con cada uno de los diferentes tiempos de aireación y mezclado. Dando un intervalo de 216 horas (9 días) entre cada tanda.

**Tabla 7:** Resultados de laboratorio, análisis de DBO prueba 1, 2, 3 y 4 de la 1ra fase del proyecto.

Tiempo de aireación (minutos)	Tiempo de (horas) reposo del agua	DBO Inicial (mg/l)	DBO final (mg/l)	% Remoción de DBO	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	Límite de descarga al sistema de alcantarillado público
20	2	987	948	3,95	100	250
30	3	987	943	4,46	100	250
40	4	987	939	4,86	100	250
40	174	1098	699	36,34	100	250

*Fuente: Yépez Peralta, M. F., & Quinto Yépez, M. D. (2018).*

#### 4.3.4. Volumen de inóculo de lodo activo.-

Como se puede apreciar en la **tabla 7**, la prueba 4 fue la que obtuvo un mayor porcentaje de remoción de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) con respecto a las pruebas 1, 2 y 3, Se observa que esta remoción no es suficiente para alcanzar estándares óptimos de funcionamiento del reactor ni para las normas de vertido en cuerpos de agua, se debe en parte que, aunque la literatura especializada recomienda usar un volumen de inóculo igual al 25% del volumen del agua a tratar, en la fase 1 solo se usó un volumen de inóculo igual al 7% del volumen total de agua a tratar

Según la literatura especializada, es posible aumentar la remoción de DBO inyectando un inóculo de agua residual proveniente de un tanque de lodos activos operando actualmente.

El volumen que se determino es el del 25% de la capacidad del tanque.

Diámetro del tanque= 29.7 cm

Altura de llenado= 79cm

$$V = \pi r^2 * h$$

$$V = 3.1416 * (14.85\text{cm})^2 * 78\text{cm}$$

$$V = 54037.77\text{cm}^3 * \frac{1\text{lt}}{1000\text{cm}^3}$$

$$V_{\text{TOTAL}} = 54.03\text{lt}$$

Volumen de inóculo = 25% V

$$V_{\text{INOCULO}} = 13.5\text{lt}$$

#### 4.3.5. Caudal de Llenado.-

Volumen de agua servida por unidad de tiempo que ingresa al reactor:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Volumen del reactor = 54lt

Tiempo de llenado = 68s

$$Q = \frac{54\text{lt}}{68\text{s}}$$

$$Q = 0.79\text{lt/s}$$

#### 4.3.6. Procedencia de las Muestras

Las aguas servidas crudas se tomaron de la cámara de acopio de aguas servidas ubicada en la estación de bombeo de la planta de tratamiento de la Urbanización Terranostra en el km 14,5 de la Vía a la Costa.

Se tomaron aguas servidas crudas de la cámara para cada prueba.

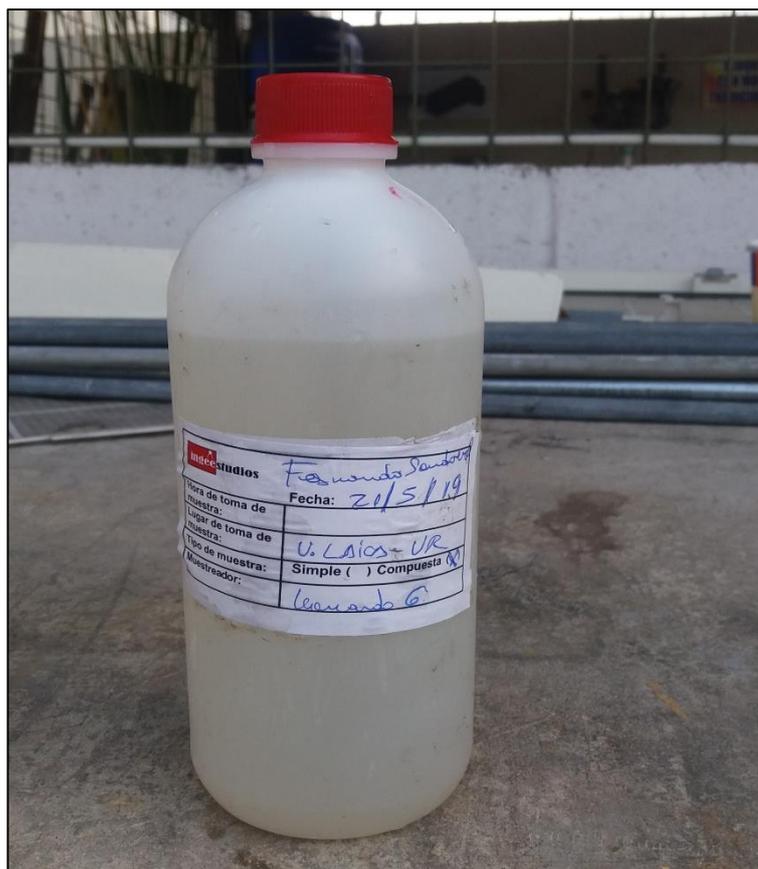


**Foto 8:** Cámara de acopio de Estación de Bombeo 3, Urb. Terranostra  
**Elaboración:** Fernando Sandoval, 2019



**Foto 9:** Toma de aguas negras de la cámara de acopio de estación de bombeo.  
**Elaboración:** Fernando Sandoval, 2019

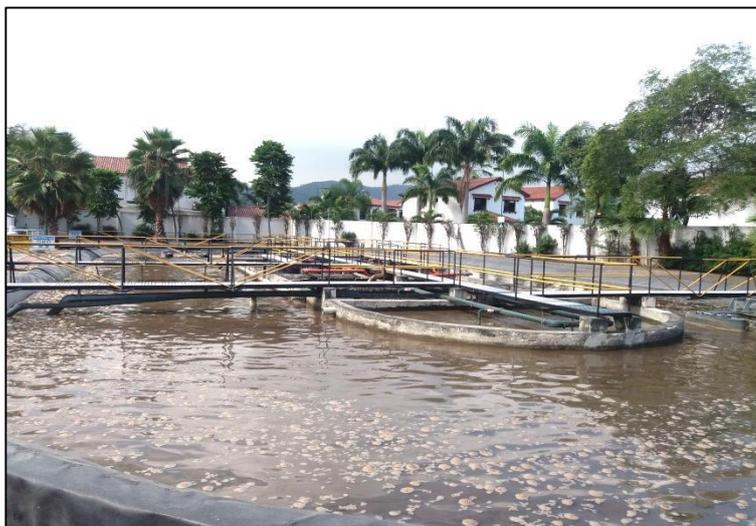
Personal del laboratorio INGESTUDIOS tomo muestra para analizar, en el laboratorio se realizaron pruebas de DBO a la muestra para tener una idea clara de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de las aguas servidas procedente de esta población en particular.



*Foto 10: Toma de muestra de aguas negras sin tratar  
Elaboración: Fernando Sandoval, 2019*

**El DBO resultante de la prueba fue de 112.6 mg/l**

El inóculo de agua residual proviene de la laguna de lodos activos que opera actualmente en la planta de tratamiento de la urbanización Terranostra. Se tomaron 13,5lt de lodo activo para cada prueba.



*Foto 11: Laguna de aireación de Planta de tratamiento, Urb. Terranostra  
Elaboración: Fernando Sandoval, 2019*



*Foto 12: Toma de inculo de lodo activo de la laguna de aireación, PTAR  
Elaboración: Fernando Sandoval, 2019*

#### **4.3.7. Proceso de las pruebas.**

Una vez listo el reactor y determinado cada uno de los parámetros a evaluar se inician las pruebas del Reactor aeróbico secuencial discontinuo, las pruebas se realizaron dentro del periodo del 21 de mayo al 5 de julio de 2019, en las instalaciones del Laboratorio de Aguas de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

#### 4.3.7.1. Prueba 1.

- **Puesta en marcha.**- Esta prueba comenzó el día 21 de mayo. A las 14h58 inició el llenado del reactor y la inyección del inóculo de lodo activo en los volúmenes calculados en la sección 4.3.2., a las 15h00 se encendió el reactor junto con el compresor y se procedió a la aireación y mezclado durante 1 hora, hasta las 16h00 que se apagó el reactor y el compresor. Luego de este tiempo se dejó en reposo el agua contenida en el tanque por un periodo de 48 horas hasta el 23 de mayo a las 16h00.



*Foto 13: Prueba 1, inicio.*

*Elaboración: Fernando Sandoval, 2019*

- **Toma de muestras.**- Una vez terminado el periodo de la prueba, el personal del laboratorio INGESTUDIOS procedió a tomar la muestra del agua tratada, haciendo uso de la llave instalada en la parte superior del tanque del reactor para este propósito. Se toman dos muestras, de 500ml más que suficientes para el análisis de DBO<sub>5</sub>, una va al laboratorio de INGESTUDIOS para el

análisis de DBO<sub>5</sub> y la segunda muestra se queda como testigo en el Laboratorio de Aguas de la universidad donde se encuentra el reactor.



*Foto 14: Prueba 1, finalización.  
Elaboración: Fernando Sandoval, 2019*



*Foto 15: Prueba 1, Toma de muestra tratada.  
Elaboración: Fernando Sandoval, 2019*

- **Vaciado y limpieza del reactor.**- Terminada la toma de muestras se procede a vaciar el reactor por la válvula de escape instalada en el fondo del tanque del reactor, se desecha el contenido en la caja de AASS más cercana y se lava el interior del tanque con el fin de iniciar nueva mente le proceso con la siguiente prueba.

La prueba se realizó sin ningún tipo de novedades.



*Foto 16: Prueba 1, Vaciado y limpieza de reactor.  
Elaboración: Fernando Sandoval, 2019*

#### 4.3.7.2. Prueba 2.

- **Puesta en marcha.**- Esta prueba comenzó el 27 de mayo. A las 14h58 inició el llenado del reactor y la inyección del inóculo de lodo activo, a las 15h00 se encendieron el reactor y el compresor iniciando la aireación y el mezclado durante 1 hora, hasta las 16h00 que se apagaron el reactor y el compresor. Luego de este proceso se dejó en reposo el tanque durante 72 horas, hasta el 30 de mayo a las 16h00.



*Foto 17: Prueba 2, antes y después del reposo.  
Elaboración: Fernando Sandoval, 2019*

- **Toma de muestra.-** Una vez terminado el periodo de la prueba, el personal del laboratorio INGESTUDIOS toma las muestras, tanto para el análisis como el testigo.



*Foto 18: Prueba 2, toma de muestra tratada.  
Elaboración: Fernando Sandoval, 2019*

- **Vaciado y limpieza del reactor.** Terminada la toma de muestras se vacía el tanque del reactor y se lo lava para la siguiente prueba.

#### 4.3.7.3. Prueba 3.

- **Puesta en marcha.-** Esta prueba comenzó el 6 de junio. A las 14h58 inició el llenado del reactor y la inyección del inóculo de lodo activo, a las 15h00 se encendieron el reactor y el compresor iniciando la aireación y el mezclado durante 1 hora, hasta las 16h00 que se apagaron el reactor y compresor. Luego de este proceso se dejó en reposo el tanque durante 96 horas, hasta el 10 de junio a las 16h00.



*Foto 19: Prueba 3, antes y después del reposo.  
Elaboración: Fernando Sandoval, 2019*

- **Toma de muestras.-** Una vez terminado el periodo de la prueba, el personal del laboratorio INGESTUDIOS toma las muestras, tanto para el análisis como el testigo.

- **Vaciado y limpieza del reactor.-** Terminada la toma de muestra se vacía el tanque del reactor y se lo lava para la siguiente prueba.

#### 4.3.7.4. Prueba 4.

- **Puesta en marcha.-** Esta prueba comenzó el 12 de junio. A las 14h58 inició el llenado del reactor y la inyección del inóculo de lodo activo, a las 15h00 se encendieron el reactor y el compresor iniciando la aireación y el mezclado durante 2 horas, hasta las 17h00 que se apagaron el reactor y el compresor. Luego de este proceso se dejó en reposo el tanque durante 48 horas, hasta el 14 de junio a las 17h00.



*Foto 20: Prueba 4, antes y después del reposo.  
Elaboración: Fernando Sandoval, 2019*

- **Toma de muestras.-** Una vez terminado el periodo de la prueba, el personal del laboratorio INGESTUDIOS toma las muestras, tanto para el análisis como el testigo.

- **Vaciado y limpieza del reactor.-** Terminada la toma de muestras se vacía el tanque del reactor y se lava para la siguiente prueba.

#### 4.3.7.5. Prueba 5.

- **Puesta en marcha.-** Esta prueba comenzó el 17 de junio. A las 14h58 inició el llenado del reactor y la inyección del inóculo de lodo activo, a las 15h00 se encendieron el reactor y el compresor iniciando la aireación y el mezclado durante 2 horas, hasta las 17h00 que se apagaron el reactor y el compresor. Luego de este proceso se dejó en reposo el tanque durante 72 horas hasta el 20 de junio a las 17h00.



*Foto 21: Prueba 5, antes y después del reposo.  
Elaboración: Fernando Sandoval, 2019*

- **Toma de muestras.-** Una vez terminado el periodo de la prueba, el personal del laboratorio INGESTUDIOS toma las muestras, tanto para el análisis como el testigo.
- **Vaciado y limpieza del reactor.-** Terminada la toma de muestras se vacía el tanque del reactor y se lava para la siguiente prueba.

#### 4.3.7.6. Prueba 6.

- **Puesta en marcha.-** Esta prueba comenzó el 20 de junio. A las 17h28 inicio el llenado del reactor y la inyección del inóculo de lodo activo, a las 17h30 se encendieron el reactor y el compresor iniciando la aireación y el mezclado durante 2 horas, hasta las 19h30 que se apagaron el reactor y el compresor. Luego de este proceso se dejó en reposo el tanque durante 96 horas, hasta el 24 de junio a las 19h30.



*Foto 22: Prueba 6, antes y después del reposo.  
Elaboración: Fernando Sandoval, 2019*

- **Toma de muestras.-** Una vez terminado el periodo de la prueba, el personal del laboratorio INGESTUDIOS tomo las muestras, tanto para el análisis como el testigo.
- **Vaciado y limpieza del reactor.-** Terminada la toma de muestras se vacía el tanque del reactor y se lo lava para la siguiente prueba.

#### 4.3.7.7. Prueba 7.

- **Puesta en marcha.-** Esta prueba comenzó el 26 de junio. A las 11h58 se inició el llenado del reactor y la inyección del inóculo de lodo activo, a las 12h00 se encendieron el reactor y el compresor iniciando la aireación y el mezclado durante 3 horas, hasta las 15h00 que se apagaron el reactor y el compresor. Luego de este proceso se dejó en reposo durante 48 horas, hasta el 28 de junio a las 15h00.



*Foto 23: Prueba 7, antes y después del reposo.  
Elaboración: Fernando Sandoval, 2019*

- **Toma de muestras.-** Una vez terminado el periodo de la prueba, el personal del laboratorio INGESTUDIOS toma las muestras, tanto para el análisis como el testigo.
- **Vaciado y limpieza del reactor.-** Terminada la toma de muestras se vacía el tanque del reactor y se lo lava para la siguiente prueba.

#### 4.3.7.8. Prueba 8.

- **Puesta en marcha.-** Esta prueba comenzó el 28 de junio. A las 15h28 inicio el llenado del reactor y la inyección del inóculo de lodo activo, a las 15h30 se encendieron el reactor y el compresor iniciando la aireación y el mezclado durante 3 horas, hasta las 16h30 que se apagaron el reactor y el compresor. Luego de este proceso se dejó en reposo el tanque durante 72 horas, hasta el 1 de julio a las 16h30.



*Foto 24: Prueba 8, antes y después del reposo.  
Elaboración: Fernando Sandoval, 2019*

- **Toma de muestras.-** Una vez terminado el periodo de la prueba, el personal del laboratorio INGESTUDIOS toma las muestras, tanto para el análisis como el testigo.
- **Vaciado y limpieza del reactor.-** Terminada la toma de muestras se vacía el tanque del reactor y se lava para la siguiente prueba.

#### 4.3.7.9. Prueba 9.

- **Puesta en marcha.-** Esta prueba comenzó el 1 de julio. A las 16h58 inicio el llenado del reactor y la inyección del inóculo de lodo activo, a las 17h00 se encendieron el reactor y el compresor iniciando la aireación y el mezclado durante 3 horas, hasta las 20h00 que se apagaron el reactor y el compresor. Luego de este proceso se dejó en reposo el tanque durante 96 horas, hasta el 5 de julio a las 20h00.



*Foto 25: Prueba 9, antes y después del reposo.  
Elaboración: Fernando Sandoval, 2019*

- **Toma de muestras.-** Una vez terminado el periodo de la prueba, el personal del laboratorio INGESTUDIOS toma las muestras, tanto para el análisis como el testigo.
- **Vaciado y limpieza del reactor.-** Terminada la toma de muestras se vacía el tanque del reactor y se lava.

#### 4.4. Resultados de laboratorio.

##### Prueba 1.

Con el Reactor lleno a su capacidad de 54lt, se la realizo esta prueba tomando un tiempo de mezclado y aireación de 1 hora, y un tiempo de reposo de 48 horas.

Bajo estos parámetros se obtuvieron los siguientes resultados:

*Tabla 8: Resultados de laboratorio, análisis de DBO prueba 1.*

Descripción	U	Resultado	Límite de referencia (TULSMA)
DBO <sub>5</sub> sin tratar	mg/l	112.6	100
DBO <sub>5</sub> tratado	mg/l	54.9	100
Porcentaje de Remoción de DBO			<b>51.24%</b>

*Fuente: Laboratorio Ingeestudios, 2019*

##### Prueba 2.

Con el Reactor lleno a su capacidad de 54lt, se realizó esta prueba tomando un tiempo de mezclado y aireación de 1 hora, y un tiempo de reposo de 72 horas.

Bajo estos parámetros se obtuvieron los siguientes resultados:

*Tabla 9: Resultados de laboratorio, análisis de DBO prueba 2.*

Descripción	U	Resultado	Límite de referencia (TULSMA)
DBO <sub>5</sub> sin tratar	mg/l	112.6	100
DBO <sub>5</sub> tratado	mg/l	16.1	100
Porcentaje de Remoción de DBO			<b>85.70%</b>

*Fuente: Laboratorio Ingeestudios, 2019*

### Prueba 3.

Con el Reactor lleno a su capacidad de 54lt, se realizó esta prueba tomando un tiempo de mezclado y aireación de 1 hora, y un tiempo de reposo de 96 horas.

Bajo estos parámetros se obtuvieron los siguientes resultados:

*Tabla 10: Resultados de laboratorio, análisis de DBO prueba 3.*

<b>Descripción</b>	<b>U</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite de referencia (TULSMA)</b>
DBO <sub>5</sub> sin tratar	mg/l	112.6	100
DBO <sub>5</sub> tratado	mg/l	186.1	100
Porcentaje de Remoción de DBO		<b>No determinado%</b>	

*Fuente: Laboratorio Ingeestudios, 2019*

### Prueba 4.

Con el Reactor lleno a su capacidad de 54lt, se realizó esta prueba tomando un tiempo de mezclado y aireación de 2 horas, y un tiempo de reposo de 48 horas.

Bajo estos parámetros se obtuvieron los siguientes resultados:

*Tabla 11: Resultados de laboratorio, análisis de DBO prueba 4.*

<b>Descripción</b>	<b>U</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite de referencia (TULSMA)</b>
DBO <sub>5</sub> sin tratar	mg/l	112.6	100
DBO <sub>5</sub> tratado	mg/l	20.3	100
Porcentaje de Remoción de DBO		<b>81.97%</b>	

*Fuente: Laboratorio Ingeestudios, 2019*

### Prueba 5.

Con el Reactor Lleno a su capacidad de 54lt, se realizó esta prueba tomando un tiempo de mezclado y aireación de 2 horas, y un tiempo de reposo de 72 horas.

Bajo estos parámetros se obtuvieron los siguientes resultados:

*Tabla 12: Resultados de laboratorio, análisis de DBO prueba 5.*

Descripción	U	Resultado	Límite de referencia (TULSMA)
DBO <sub>5</sub> sin tratar	mg/l	112.6	100
DBO <sub>5</sub> tratado	mg/l	7.2	100
Porcentaje de Remoción de DBO		<b>93.61%</b>	

*Fuente: Laboratorio Ingeestudios, 2019*

### Prueba 6.

Con el Reactor lleno a su capacidad de 54lt, se realizó esta prueba tomando un tiempo de mezclado y aireación de 2 horas, y un tiempo de reposo de 96 horas.

Bajo estos parámetros se obtuvieron los siguientes resultados:

*Tabla 13: Resultados de laboratorio, análisis de DBO prueba 6.*

Descripción	U	Resultado	Límite de referencia (TULSMA)
DBO <sub>5</sub> sin tratar	mg/l	112.6	100
DBO <sub>5</sub> tratado	mg/l	19.1	100
Porcentaje de Remoción de DBO		<b>83.04%</b>	

*Fuente: Laboratorio Ingeestudios, 2019*

### Prueba 7.

Con el Reactor lleno a su capacidad de 54lt, se realizó esta prueba tomando un tiempo de mezclado y aireación de 3 horas, y un tiempo de reposos de 48 horas.

Bajo estos parámetros se obtuvieron los siguientes resultados:

*Tabla 14: Resultados de laboratorio, análisis de DBO prueba 7.*

<b>Descripción</b>	<b>U</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite de referencia (TULSMA)</b>
DBO <sub>5</sub> sin tratar	mg/l	112.6	100
DBO <sub>5</sub> tratado	mg/l	17.1	100
Porcentaje de Remoción de DBO		<b>84.81%</b>	

*Fuente: Laboratorio Ingeestudios, 2019*

### Prueba 8.

Con el Reactor lleno a su capacidad de 54lt, se realizó esta prueba tomando un tiempo de mezclado y aireación de 3 horas, y un tiempo de reposo de 72 horas.

Bajo estos parámetros se obtuvieron los siguientes resultados:

*Tabla 15: Resultados de laboratorio, análisis de DBO prueba 8.*

<b>Descripción</b>	<b>U</b>	<b>Resultado</b>	<b>Límite de referencia (TULSMA)</b>
DBO <sub>5</sub> sin tratar	mg/l	112.6	100
DBO <sub>5</sub> tratado	mg/l	38.6	100
Porcentaje de Remoción de DBO		<b>65.72%</b>	

*Fuente: Laboratorio Ingeestudios, 2019*

## Prueba 9.

Con el Reactor lleno a su capacidad de 54lt, se realizó esta prueba tomando un tiempo de mezclado y aireación de 3 horas, y un tiempo de reposo de 96 horas.

Bajo estos parámetros se obtuvieron los siguientes resultados:

*Tabla 16: Resultados de laboratorio, análisis de DBO prueba 9.*

Descripción	U	Resultado	Límite de referencia (TULSMA)
DBO <sub>5</sub> sin tratar	mg/l	112.6	100
DBO <sub>5</sub> tratado	mg/l	57	100
Porcentaje de Remoción de DBO		49.38%	

*Fuente: Laboratorio Ingeestudios, 2019*

### 4.4.1. Resumen de resultados.

*Tabla 17: Resumen de resultados de laboratorio.*

Prueba	DBO inicial	DBO Final	Porcentaje de remoción
1	112.6	54.9	51.24%
2	112.6	16.1	85.70%
3	112.6	186.1	N.D.
4	112.6	20.3	81.97%
5	112.6	7.2	93.61%
6	112.6	19.1	83.04%
7	112.6	17.1	84.81%
8	112.6	38.6	65.72%
9	112.6	57	49.38%

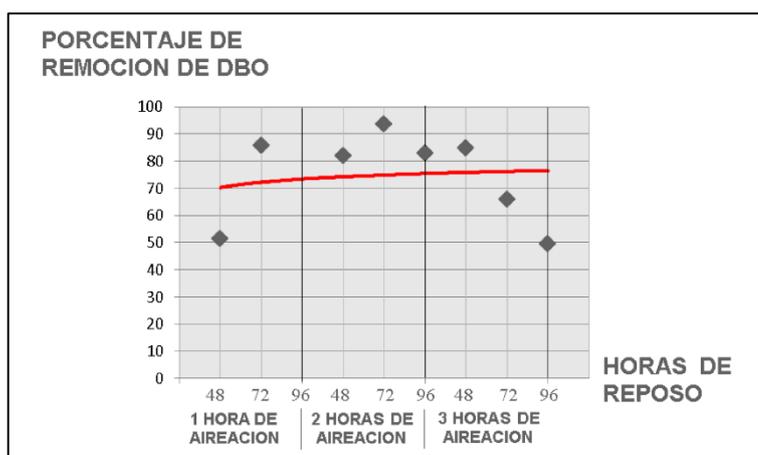
*Fuente: Laboratorio Ingeestudios, 2019.*

#### 4.5. Evaluación de resultados de laboratorio.

Para empezar explicamos porque los resultados no tienen una secuencia homogénea o lineal, pues, como explicamos en la sección 4.3.6., se tomó muestras de agua de la planta de tratamiento para cada prueba, es decir que el valor de entrada del DBO era diferente para cada prueba, aunque los parámetros a evaluar eran los mismos.

Esto se realizó así para tener una idea más exacta de cómo se comportan las aguas a este tratamiento, pues en una planta el caudal de entrada esta siempre en movimiento, y sus características, entre ellas el DBO, nunca son iguales, sin embargo existe la tendencia a mantenerse dentro de rangos propios a los hábitos diarios de una población. Siendo así que las aguas y sus características de una planta de un sector de la población puede diferir notoriamente de otra planta en otro sector,

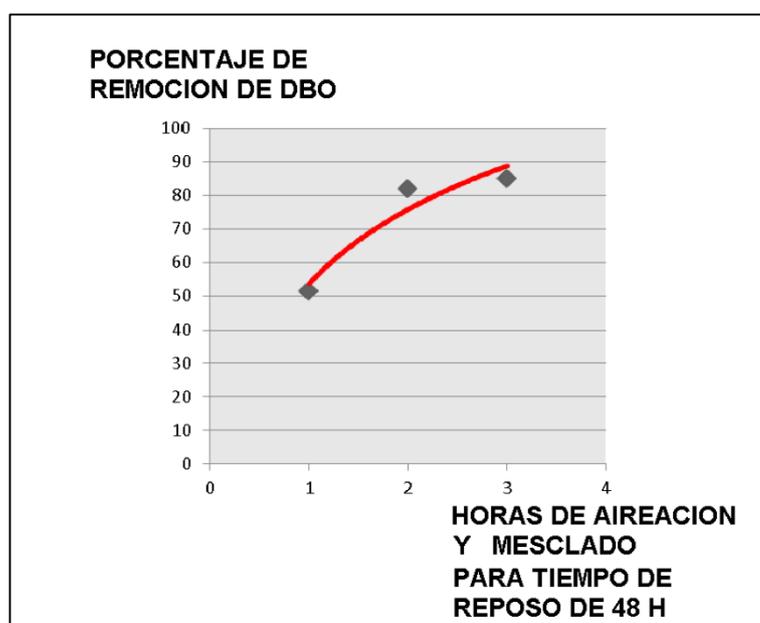
Por esta razón resulta una remoción a veces mayor y en otras menores, independientemente de los tiempos de evaluación.



**Figura 11:** Grafico de resultados con línea de tendencia.  
**Elaboración propia:** Fernando Sandoval (2019)

Caso aparte es el de la Prueba 3, donde los análisis nos muestran una DBO de 186.1 mg/l del agua ya tratada, lo que significa que según la tendencia de la remoción de estas pruebas que están entre el 50% y 75%, el DBO de las aguas crudas de ese día estaba por el orden de 250 – 350 mg/l, muy por encima del nivel de DBO normal para este sector, lo que significa que ese día en particular hubo un pico alto de DBO en las aguas.

Lo que si se aprecia en los resultados es que existe una tendencia a aumentar considerablemente la remoción de DBO en los tiempos de aireación y mezclado de 2 y 3 horas.

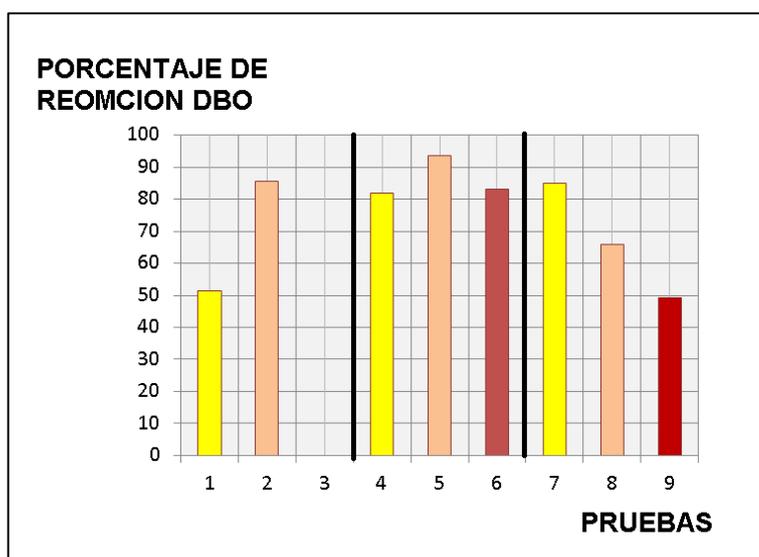


*Figura 12: Gráfico de resultados con línea de tendencia.  
Elaboración propia: Fernando Sandoval (2019)*

Se puede notar que es poca la diferencia en los resultados entre estos dos tiempos de aireación y mezclado. Así también se puede ver en los resultados que

varía poco la remoción de DBO entre los tiempos de reposo de las 3 tandas de pruebas.

Los mejores resultados se obtuvieron en la segunda tanda, con tiempos de aireación y mezclado de 2 horas, los resultados difieren poco entre los tiempos de reposo de 48, 72 y 96 horas.



*Figura 13: Grafico de barras de los resultados.  
Elaboración propia: Fernando Sandoval (2019)*

## CONCLUSIONES.

Como se expuso al inicio de esta tesis, era seguro que la remoción de DBO sería significativa con este método de tratamiento inyectando un inóculo de agua residual proveniente de un tanque de lodos activos en operaciones. Los objetivos entonces eran determinar los mejores tiempos de los parámetros que intervienen en este proceso, los tiempos de aireación, mezclado, reposo así como el volumen del inóculo de lodo activo a inyectar en las aguas servidas a tratar.

Con los resultados obtenidos de las 9 pruebas se llega a la conclusión que las pruebas 4, 5 y 6 realizadas con 2 horas de aireación y mezclado fueron las de mejores resultados con un porcentaje de remoción de DBO de:

Prueba 4 = 81.97%

Prueba 5 = 93.61%

Prueba 6 = 83.04%

Y a pesar que la prueba 7 también tuvo un elevado porcentaje de remoción de DBO de 84.81%, pero con 3 horas de aireación y mezclado. Es muy poca la diferencia entre esta y las pruebas de 2 horas de aireación.

Por lo que en cuestión de costos y tiempos de operaciones, los parámetros de la Prueba 4 = 81.97% de remoción de DBO con 2 horas de aireación y mezclado, 48 horas de reposo y un volumen de inóculo de lodo activo del 25% del volumen total

del agua a tratar, los hacen los más factibles a la hora de diseñar un plan de tratamiento a gran escala.

Se concluye entonces que:

- El mejor tiempo de aireación y mezclado de aguas residuales para aumentar los porcentajes de reducción de materia orgánica en términos de DBO es de 2 horas.
- El mejor tiempo de sedimentación de aguas residuales para aumentar los porcentajes de reducción de materia orgánica en términos de DBO es de 48 horas.
- El volumen de inóculo de lodo activo en aguas residuales igual al 25% del agua a tratar es adecuado para aumentar los porcentajes de reducción de materia orgánica en términos de DBO.

## **RECOMENDACIONES.**

Se recomienda a futuro realizar un muestreo más profundo de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de las aguas que serán objeto de estudio, sobre todo si se trata de una planta de tratamiento donde el caudal de aguas servidas está en constante movimiento, realizando varias tomas y ponderar los resultados a fin de tener un valor de DBO de las aguas crudas con un menor porcentaje de incertidumbre que para el caso de este estudio es del 12%.

Los resultados Arrojados son bastante altos con el 25% de inóculo, lo que nos hace pensar que con un volumen de inóculo menor al 25% se podría llegar a los niveles de DBO límites que se permiten descargar a un cuerpo de agua.

Por lo que se recomienda hacer pruebas directamente con tiempos de aireación y mezclado de 2 horas y tiempos de reposo de 48 horas pero con diferentes volúmenes de inóculo de lodos activos en el agua residual cruda, con porcentajes menores al 25% ya probado en esta tesis.

## BIBLIOGRAFÍA.

- Abdellah, F. G., & Levine, E. (1994). Preparing nursing research for the 21st century: Evolution, methodologies, challenges. New York: Springer.
- Alfredo, G., & Ortíz, P. (2010). Guía Práctica sobre Métodos y Técnicas de Investigación Documental y de Campo.
- Angulo Cortéz, I., López Sánchez, A., & Reyes Burgos, J. (2010). Diseño de un reactor biológico aeróbico (SRB) piloto para tratamiento de agua residual de una empresa procesadora de maracuya (Bachelor's thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad Ingeniería Química).
- Baray, H. L. Á. (2006). Introducción a la metodología de la investigación. Juan Carlos Martínez Coll.
- Buendía Eisman, L., Colás Bravo, M., & Hernández Pina, F. (1998). Métodos de investigación en psicopedagogía.
- Coleman, D. E., & Montgomery, D. C. (1993). A systematic approach to planning for a designed industrial experiment. *Technometrics*, 35(1), 1-12.
- Chagoya, E. R. (2008). Métodos y técnicas de investigación. Gestipolis.
- EPA, U. (1999). Wastewater technology fact sheet—sequencing batch reactors. *Washington DC: Municipal Technology Branch*.
- Gil, C. A. L. (2008). Estandarización y validación de una técnica para medición de la demanda bioquímica de oxígeno por el método respirométrico y la demanda química de oxígeno por el método calorimétrico (Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. Química Industrial).

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). Metodología de la investigación (Vol. 3). México: McGraw-Hill.
- Hernández, S. (2010). Fernández y Baptista (2014). Metodología de la investigación.
- Maldonado, J. A. (2015). La metodología de la investigación. Gestipolis. Obtenido de La Metodología de la Investigación.
- Murillo, J. (2013). Métodos de investigación de enfoque experimental. Recuperado el, 20.
- Medina, M. I. R., Quintero, M. D. S. B., & Valdez, J. C. R. (2013). El enfoque mixto de investigación en los estudios fiscales. Tlatemoani, (13).
- Lecca, E. R., & Lizama, E. R. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71-80.
- Pita Fernández, S., & Pértegas Díaz, S. (2002). Investigación cuantitativa y cualitativa. *Cad Aten Primaria*, 9, 76-8.
- Ramalho, R. S. (1990). Tratamiento de aguas residuales. Reverté.
- Rojas, R. (2002). Sistemas de tratamiento de aguas residuales. *Gestión integral de Tratamiento de Aguas Residuales*, 1(1), 8-15.
- Rojo, R., & Gómez, I. (2006). Analysis of the Spanish scientific and technological output in the ICT sector. *Scientometrics*, 66(1), 101-121
- Yépez Peralta, M. F., & Quinto Yépez, M. D. (2018). Evaluación de la demanda bioquímica de oxígeno con un reactor aeróbico secuencial discontinuo de aguas residuales domésticas (Bachelor's thesis, Guayaquil: ULVR, 2018.).

## **GLOSARIO.**

### **Biodegradable:**

adj. (producto, sustancia) Que puede descomponerse en elementos químicos naturales por la acción de agentes biológicos, como el sol, el agua, las bacterias, las plantas o animales.

### **Incertidumbre:**

f. Parámetro, asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podían ser razonablemente atribuidos al mensurando.

### **Inoculo:**

m. 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 a un cultivo.

### **Muestra:**

f. Parte o cantidad pequeña del sistema que se considera representativa del total y que se toma o se separa de ella con ciertos métodos para someterla a estudios, análisis o experimentación.

### **Patógeno:**

adj. Que causa o produce enfermedad.

## ANEXOS.

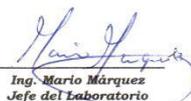
### Anexo 1. Resultados de Muestras

#### Resultado de la muestra 1 sin tratar.



Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE  
con acreditación N° SAE-LEN-16-003

INFORME DE RESULTADOS				No. 0411-19		
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 12/07/2019		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b>				
<b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b>		Tipo de Muestra : Simple				
Empresa : INGEESTUDIOS		Identificación de la muestra : U.L.V.R. (Agua residual)				
Dirección : Av. de las Américas		Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013				
Solicitado por : Sr. Fernando Sandoval		Fecha de Toma : 21/05/2019				
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b>		Responsable toma de muestra : Sr. Leonardo Gallegos				
F.Inicio del Análisis : 21/05/2019 T°C : 27,4		Hora : 15H00 Simple				
F.Fin del Análisis : 26/05/2019 %H : 55,3		Fecha de Ingreso : 21/05/2019				
RESULTADOS						
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	112,6	12%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100

  
Ing. Mario Márquez  
Jefe del Laboratorio

#### NOTAS:

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
  2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
  3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
  4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
  5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente 2015)
- (U\*) Incertidumbre de medida

Dirección: Km 11,5 Vía a la Costa Cda. Torres del Salado  
TELÉFONO: 0998416022 / 0939243719  
E-mail: laboratorioingeestudios@gmail.com

F PG7.8-01 R02

Página 1 de 1

## Resultado de la muestra de la prueba 1.



Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE  
con acreditación N° SAE-LEN-16-003

INFORME DE RESULTADOS							No. 0432-19
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 12/07/2019		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b>					
<b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b>		Tipo de Muestra : Simple					
Empresa	: INDEPENDIENTE	Identificación de la muestra : U.L.V.R. (Agua residual)					
Dirección	: Av. de las Américas	Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013					
Solicitado por	: Sr. Fernando Sandoval	Fecha de Toma : 23/05/2019					
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b>		Responsable toma de muestra : Sr. Leonardo Gallegos					
F.Inicio del Análisis	: 23/05/2019	T°C : 26,4	Hora : 15H00 Simple				
F.Fin del Análisis	: 28/05/2019	%H : 55,3	Fecha de Ingreso : 23/05/2019				
RESULTADOS							
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	54,9	12%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100	

  
Ing. Mario Márquez  
Jefe del Laboratorio

### NOTAS:

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
  2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
  3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
  4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
  5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente 2015)
- (U\*) Incertidumbre de medida

Dirección: Km 11.5 Vía a la Costa Cda. Torres del Salado  
TELÉFONO: 0998416022 / 0939243719  
E-mail: laboratoringgeestudios@gmail.com

F PG7.8-01 R02

Página 1 de 1

## Resultado de la muestra de la prueba 2



Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE  
con acreditación N° SAE-LEN-16-003

INFORME DE RESULTADOS							No. 0621-19
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 12/07/2019		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b>					
<b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b>		Tipo de Muestra : Simple					
Empresa : INDEPENDIENTE		Identificación de la muestra : U.L.V.R. (Agua residual)					
Dirección : Av. de las Américas		Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013					
Solicitado por : Sr. Fernando Sandoval		Fecha de Toma : 28/06/2019					
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b>		Responsable toma de muestra : Sr. Leonardo Gallegos					
F.Inicio del Análisis : 28/06/2019 T°C : 27,0		Hora : 16H00 Simple					
F.Fin del Análisis : 03/07/2019 %H : 53,0		Fecha de Ingreso : 28/06/2019					
RESULTADOS							
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	17,1	12%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100	

  
Ing. Mario Márquez  
Jefe del Laboratorio

**NOTAS:**

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
  2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
  3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
  4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
  5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente 2015)
- (U\*) Incertidumbre de medida

### Resultado de la muestra de la prueba 3.



Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE  
con acreditación N° SAE-LEN-16-003

INFORME DE RESULTADOS							No. 0476-19
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 12/07/2019		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b>					
<b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b>		Tipo de Muestra : Simple					
Empresa : INDEPENDIENTE		Identificación de la muestra : U.L.V.R. (Agua residual)					
Dirección : Av. de las Américas		Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013					
Solicitado por : Sr. Fernando Sandoval		Fecha de Toma : 30/05/2019					
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b>		Responsable toma de muestra : Sr. Leonardo Gallegos					
F.Inicio del Análisis : 30/05/2019 T°C : 28,5		Hora : 15H00 Simple					
F.Fin del Análisis : 04/06/2019 %H : 54,0		Fecha de Ingreso : 30/05/2019					
RESULTADOS							
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	16,1	12%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100	

  
Ing. Mario Márquez  
Jefe del Laboratorio

**NOTAS:**

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
  2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
  3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
  4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
  5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente 2015)
- (U\*) Incertidumbre de medida

Dirección: Km 11.5 Vía a la Costa Cdl. Torres del Salado  
TELÉFONO: 0998416022 / 0939243719  
E-mail: laboratoringeeestudios@gmail.com

F PG7.8-01 R02

Página 1 de 1

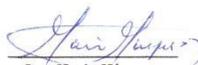
## Resultado de la muestra de la prueba 4.



Laboratorio de calidad de aguas.

Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE  
con acreditación N° SAE-LEN-16-003

INFORME DE RESULTADOS							No. 0477-19
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 12/07/2019		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b>					
<b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b>		Tipo de Muestra : Simple					
Empresa : INGEESTUDIOS		Identificación de la muestra : U.L.V.R. (Agua residual)					
Dirección : Av. de las Américas		Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013					
Solicitado por : Sr. Fernando Sandoval		Fecha de Toma : 10/06/2019					
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b>		Responsable toma de muestra : Sr. Leonardo Gallegos					
F.Inicio del Análisis : 10/06/2019 T°C : 28,0		Hora : 16H00 Simple					
F.Fin del Análisis : 15/06/2019 %H : 50,1		Fecha de Ingreso : 10/06/2019					
RESULTADOS							
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	186,1	12%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100	

  
Ing. Mario Márquez  
Jefe del Laboratorio

### NOTAS:

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se registrará al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente 2015)

(U\*) Incertidumbre de medida

Dirección: Km 11,5 Vía a la Costa Cda. Torres del Salado  
TELÉFONO: 0998416022 / 0939243719  
E-mail: laboratoriongeestudios@gmail.com

F PG7.8-01 R02

Página 1 de 1

## Resultado de la muestra de la prueba 5.



Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE  
con acreditación N° SAE-LEN-16-003

INFORME DE RESULTADOS							No. 0495-19
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 12/07/2019		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b>					
<b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b>		Tipo de Muestra : Simple					
Empresa : INGESTUDIOS		Identificación de la muestra : U.L.V.R. (Agua residual)					
Dirección : Av. de las Américas		Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013					
Solicitado por : Sr. Fernando Sandoval		Fecha de Toma : 14/06/2019					
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b>		Responsable toma de muestra : Sr. Leonardo Gallegos					
F.Inicio del Análisis : 14/06/2019 T°C : 27,6		Hora : 16H00 Simple					
F.Fin del Análisis : 19/06/2019 %H : 50,7		Fecha de Ingreso : 14/06/2019					
RESULTADOS							
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	20,3	12%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100	

Ing. Mario Márquez  
Jefe del Laboratorio

**NOTAS:**

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
4. INGESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se registró al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente 2015)

(U\*) Incertidumbre de medida

Dirección: Km 11.5 Vía a la Costa Cda. Torres del Salado  
TELÉFONO: 0998416022 / 0939243719  
E-mail: laboratorioingestudios@gmail.com

F PG7.8-01 R02

Página 1 de 1

## Resultado de la muestra de la prueba 6.



Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE  
con acreditación N° SAE-LEN-16-003

INFORME DE RESULTADOS							No. 0532-19
FECHA DEL INFORME: 12/07/2019		DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA					
INFORMACIÓN DEL CLIENTE		Tipo de Muestra : Simple					
Empresa : INDEPENDIENTE		Identificación de la muestra : U.L.V.R. (Agua residual)					
Dirección : Av. de las Américas		Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013					
Solicitado por : Sr. Fernando Sandoval		Fecha de Toma : 20/06/2019					
CONDICIONES DEL ANÁLISIS		Responsable toma de muestra : Sr. Leonardo Gallegos					
F.Inicio del Análisis : 20/06/2019 T°C : 28,5		Hora : 16H00 Simple					
F.Fin del Análisis : 25/06/2019 %H : 50,3		Fecha de Ingreso : 20/06/2019					
RESULTADOS							
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	7.2	12%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100	

  
Ing. Mario Márquez  
Jefe del Laboratorio

### NOTAS:

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente 2015)

(U\*) Incertidumbre de medida

Dirección: Km 11.5 Vía a la Costa Cda. Torres del Salado  
TELÉFONO: 0998416022 / 0939243719  
E-mail: laboratorioingeeestudios@gmail.com

F PG7.8-01 R02

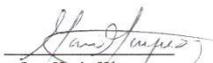
Página 1 de 1

## Resultado de la muestra de la prueba 7.



Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE  
con acreditación N° SAE-LEN-16-003

INFORME DE RESULTADOS						No. 0562-19
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 12/07/2019		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b>				
<b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b>		Tipo de Muestra : Simple				
Empresa : INDEPENDIENTE		Identificación de la muestra : U.L.V.R. (Agua residual)				
Dirección : Av. de las Américas		Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013				
Solicitado por : Sr. Fernando Sandoval		Fecha de Toma : 24/06/2019				
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b>		Responsable toma de muestra : Sr. Leonardo Gallegos				
F.Inicio del Análisis : 24/06/2019 T°C : 28,2		Hora : 16H00 Simple				
F.Fin del Análisis : 29/06/2019 %H : 58,5		Fecha de Ingreso : 24/06/2019				
RESULTADOS						
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Metodo de referencia	Procedimiento	Limites de referencia
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	19,1	12%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100

  
Ing. Mario Márquez  
Jefe del Laboratorio

**NOTAS:**

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
  2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
  3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
  4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se registrará al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
  5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente 2015)
- (U\*) Incertidumbre de medida

Dirección: Km 11.5 Vía a la Costa Cda. Torres del Salado  
TELÉFONO: 0998416022 / 0939243719  
E-mail: laboratoringgeestudios@gmail.com

F PG7.8-01 R02

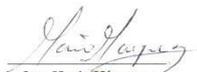
Página 1 de 1

## Resultado de la muestra de la prueba 8.



Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE  
con acreditación N° SAE-LEN-16-003

INFORME DE RESULTADOS				No. 0625-19		
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 12/07/2019		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b>				
<b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b>		Tipo de Muestra : Simple				
Empresa : INDEPENDIENTE		Identificación de la muestra : U.L.V.R. (Agua residual)				
Dirección : Av. de las Américas		Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013				
Solicitado por : Sr. Fernando Sandoval		Fecha de Toma : 01/07/2019				
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b>		Responsable toma de muestra : Sr. Leonardo Gallegos				
F.Inicio del Análisis : 01/07/2019 T°C : 27.7		Hora : 15H00 Simple				
F.Fin del Análisis : 06/07/2019 %H : 51.9		Fecha de Ingreso : 01/07/2019				
RESULTADOS						
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	38,6	12%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100

  
Ing. Mario Márquez  
Jefe del Laboratorio

### NOTAS:

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
  2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
  3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
  4. INGESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se registrará el cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
  5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo I - Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente 2015)
  6. Los ensayos marcados con (\*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE
- (U\*) Incertidumbre de medida

## Resultado de la muestra de la prueba 9.



Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE  
con acreditación N° SAE-LEN-16-003

INFORME DE RESULTADOS							No. 0626-19
<b>FECHA DEL INFORME:</b> 12/07/2019		<b>DATOS DE LA TOMA DE MUESTRA</b>					
<b>INFORMACIÓN DEL CLIENTE</b>		Tipo de Muestra : Simple					
Empresa : INDEPENDIENTE		Identificación de la muestra : U.L.V.R. (Agua residual)					
Dirección : Av. de las Américas		Norma técnica de muestreo : INEN 2169/2176:2013					
Solicitado por : Sr. Fernando Sandoval		Fecha de Toma : 04/07/2019					
<b>CONDICIONES DEL ANÁLISIS</b>		Responsable toma de muestra : Sr. Leonardo Gallegos					
F.Inicio del Análisis : 04/07/2019 T°C : 27,8		Hora : 15H00 Simple					
F.Fin del Análisis : 09/07/2019 %H : 55,8		Fecha de Ingreso : 04/07/2019					
RESULTADOS							
Parámetros	Unidades	Resultados	U*	Método de referencia	Procedimiento	Límites de referencia	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	57	12%	SM 5210B PE-1.3	PE 1.3	100	

  
Ing. Mario Márquez  
Jefe del Laboratorio

**NOTAS:**

1. Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
  2. No se debe reproducir el informe de manera parcial sólo en su totalidad.
  3. Las opiniones e interpretaciones no forman parte del alcance de acreditación solicitado al SAE.
  4. INGEESTUDIOS S.A. respetará la confidencialidad/imparcialidad y se regirá al cumplimiento de las leyes, compromisos contractuales y exigencias de la norma ISO 17025, en cuanto a este tema se refiere.
  5. Los límites de referencia en el presente informe corresponden a la Tabla 9 de la Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes: Recurso Agua (Anexo I del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria del Ministerio del ambiente 2015)
- (U\*) Incertidumbre de medida