



**UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE
DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

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

TEMA

**REMOCIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO
(DBO) EN UN REACTOR ANAERÓBICO SECUENCIAL
DISCONTINUO TRATANDO AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA.**

TUTOR

MGS. ING. PABLO MARIO PAREDES RAMOS

AUTOR

SR. WALTER ALEXANDER RAMOS MEDINA

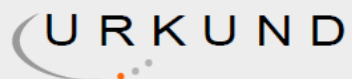
GUAYAQUIL

2019



REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA	
FICHA DE REGISTRO DE TESIS	
TÍTULO Y SUBTÍTULO: Remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en un reactor anaeróbico secuencial discontinuo tratando agua residual doméstica.	
AUTOR/ES: Ramos Medina Walter Alexander	REVISORES O TUTORES: Mg. Ing. Paredes Ramos Pablo Mario
INSTITUCIÓN: Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil	Grado obtenido: Tercer Nivel
FACULTAD: INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN	CARRERA: INGENIERÍA CIVIL
FECHA DE PUBLICACIÓN: 2019	N. DE PAGS: 123
ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y construcción	
PALABRAS CLAVE: <ul style="list-style-type: none"> • Remoción • DBO • Reactor • Anaeróbico 	
RESUMEN: En la actualidad existen problemas referente a la descarga de aguas residuales, debido a que el proceso mediante plantas de tratamientos son complejos y costosos, por ello es necesario implementar un sistema alternativo para tratar el agua residual en este caso doméstica, y así al momentos de ser evacuadas después de haberla procesado, no atente ni afecte al medio ambiente con contaminación. Para ello implementar un reactor anaeróbico secuencial para remover DBO usando aguas residuales domésticas, es una gran opción que puede ser muy útil para tratar el agua y que cumpla con del límite de descarga a un cuerpo de agua dulce según las normas del Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Medio Ambiente (TULAS). Este tipo de sistemas son de bajo costo y prácticos de ejecutar, donde se presentan cuatro etapas: llenado, reacción o mezclado, sedimentación o decantación y la etapa de vaciado donde se hace la toma de muestra del agua ya tratada para después llevarla al laboratorio. En base a los resultados obtenidos de los seis procesos ejecutados, se determinó que el porcentaje promedio de remoción de DBOs es de 47.44 %, siendo 25.4% el porcentaje menor y 61,59% el mayor, aunque hubo variedad en los resultados de los seis procesos, en todos la	

concentración de DBO ₅ fueron inferiores a 100 mg/l el cual es el límite de descarga según las normas TULAS, es decir que se cumplió adecuadamente el proceso de remoción de DBO y de esta manera se lograron los objetivos planteados implementando este sistema de remoción.		
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR: Ramos Medina Walter Alexander	Teléfono: 0986983629	E-mail: ing.walter.ramos15@gmail.com
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	MAE. Ing. Alex Salvatierra Espinoza, Decano de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción Teléfono: (04) 259 6500 Ext. 241 E-mail: asalvatierrae@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE SIMILITUDES.

Urkund Analysis Result

Analysed Document: TESIS FINAL WALTER.R.docx (D47908003)
Submitted: 2/13/2019 10:20:00 PM
Submitted By: pparedesr@ulvr.edu.ec
Significance: 1 %

Sources included in the report:

TESIS REACTOR AEROBICO [MAS CITAS].docx (D36993495)
TESIS FINAL EVALUACION DEL COMPORTAMIENTO DEL DBO Y DQO EN AARR CON ZEOLITA
URKUND.docx (D44934889)

Instances where selected sources appear:

2

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El estudiante egresado WALTER ALEXANDER RAMOS MEDINA, declara bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, (Remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en un reactor anaeróbico secuencial discontinuo tratando agua residual doméstica.), corresponde totalmente a el 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 los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor

Firma:



WALTER ALEXANDER RAMOS MEDINA

C.I. 0950710129

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación (Remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en un reactor anaeróbico secuencial discontinuo tratando agua residual doméstica.), designado por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado (Remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en un reactor anaeróbico secuencial discontinuo tratando agua residual doméstica.), presentado por el estudiante **WALTER ALEXANDER RAMOS MEDINA** como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



ING. PABLO MARIO PAREDES RAMOS

C.I. # 0911828150

AGRADECIMIENTO

A Dios todopoderoso por darme salud, vida y esa linda oportunidad de cumplir una gran meta que es ser profesional.

A mi madre que sola me formó, me inculcó valores y principios que me han servido para escalar metas en mi vida.

A mi familia por ese optimismo brindado en toda mi carrera que ha sido importante para seguir adelante.

A mis profesores Mgs. Ing. Alex Salvatierra Cedeño, Mgs. Ing. Yuly Herrera Valencia, Mgs. Ing. Max Almeida, por brindarme conocimiento que me han servido para pasar cada ciclo de esta gran carrera, por su paciencia para enseñar a los alumnos y por su calidad humana para transmitir su experiencia y su buen trato hacia los estudiantes, también agradezco a la Mgs. Arq. Isabel Murillo por sus concejos y recomendaciones para la estructuración de mi tesis de grado.

A mi tutor Mgs. Ing. Pablo Paredes Ramos por guiarme en mi tesis de grado, por sus recomendaciones, por sus conocimientos compartidos y por ilustrarme para realizar un excelente trabajo.

A mis compañeros de curso por su apoyo, su buena voluntad en ayudarme en ocasiones que lo he necesitado y por su grata compañía en toda mi etapa universitaria.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis de grado a Dios, que me ha brindado salud, sabiduría y fuerzas desde que empecé mi carrera hasta estas instancias, todo lo que se ha aprendido y practicado en esta gran carrera es gracias al creador.

A mi madre que ha sido mi pilar no solamente en la parte académica, sino también en todas las decisiones de mi vida, con su amor incondicional y con sus palabras de madre que son indispensables para la superación de un hijo.

A mi novia por su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos, brindándome esa palabra de aliento cuando más lo necesité y ese optimismo para enfrentar mi etapa académica.

A mi familia que me transmitía ese positivismo para seguir adelante y no desmayar sin importar la circunstancia que se presente.

ÌNDICE GENERAL

	Pág.
CERTIFICADO DE SIMILITUDES.....	iv
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES.....	v
CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
ÌNDICE GENERAL.....	ix
ÌNDICE DE TABLAS.....	xi
ÌNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÌNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÌNDICE DE GRÀFICOS.....	xv
ÌNDICE DE ANEXOS.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÌTULO I.....	3
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Tema.	3
1.2. Planteamiento del problema.	3
1.3. Formulación del problema.	3
1.4. Sistematización del problema.	3
1.5. Objetivos de la investigación.	4
1.5.1. Objetivo general.	4
1.5.2. Objetivos específicos.	4
1.6. Justificación de la investigación.	4
1.7. Delimitación o alcance de la investigación.	5
1.8. Hipótesis.	5
1.8.1. Variable Independiente.	5
1.8.2. Variable Dependiente.....	5
CAPÌTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Marco Teórico.....	6
2.1.1. Antecedentes.	6
2.1.2. Demanda bioquímica de oxígeno.....	6
2.1.2.1. Remoción de DBO.	7
2.1.3. Reactor biológico secuencial (SBR).....	8
2.1.4. Reactor biológico secuencial discontinuo de tipo anaeróbico.....	9

2.1.4.1. Fases de la operación del SBR de tipo anaeróbico.....	11
2.2. Marco Conceptual.....	17
2.2.1. Agua Residual.....	17
2.2.1.1. Tipos de aguas residuales.....	18
2.2.1.2. Agua residual doméstica.....	20
2.2.1.3. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual	24
2.3.1.3.2. Parámetros Microbiológicos.....	33
2.3.2. Fases de Tratamiento para tratar el agua residual.....	35
2.3. Marco legal.....	37
CAPÍTULO III.....	46
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	46
3.1. Metodología.....	46
3.2. Tipo de metodología de investigación.....	46
3.3. Enfoque de la investigación.....	48
3.4. Técnicas de la investigación.....	49
3.5. Implementación del Reactor anaeróbico secuencial en el laboratorio.....	50
3.6. Análisis de resultados.....	84
CAPITULO IV.....	88
INFORME FINAL.....	88
4.1 Análisis de la influencia de variación de las alturas de llenado de agua residual doméstica en la remoción del parámetro medidor DBO ₅	88
4.2 Análisis de la influencia de la variación de volúmenes de filtros en el proceso de remoción de DBO.....	89
4.3 Evaluación económica del uso del reactor anaeróbico secuencial mediante la comparación con otro sistema de tratamiento de aguas residuales.....	90
4.4. Efectividad y porcentaje de remoción de DBO ₅ en los procesos efectuados.....	93
CONCLUSIÓN.....	94
RECOMENDACIONES.....	96
GLOSARIO.....	97
BIBLIOGRAFÍA.....	98
ANEXOS.....	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición del agua residual.	23
Tabla 2: Límites de descarga al sistema de alcantarillado público según normas TULAS	41
Tabla 3: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.....	44
Tabla 4: Procesos de Remoción de DBO mediante un Reactor Anaeróbico Secuencial	83
Tabla 5: Concentración de DBO ₅ de planta piloto.....	84
Tabla 6: Remoción primer proceso	84
Tabla 7: Remoción segundo proceso	85
Tabla 8: Tercer proceso de remoción.....	85
Tabla 9: Cuarto proceso de remoción.	86
Tabla 10: Quinto proceso de remoción.....	86
Tabla 11: Sexto proceso de remoción.	87
Tabla 12: Evaluación de Costos.....	90
Tabla 13: Efectividad y porcentaje de Remoción de DBO.	93

ÌNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Tanque reservorio "Planta piloto"	51
Ilustración 2: Acople de 1 pulgada de PVC.....	52
Ilustración 3: Llave de paso de 1 pulgada de PVC	52
Ilustración 4: Tubos y unión universal de 1 pulgada	52
Ilustración 5: Codo reductor de 1 pulgada a 3/4".....	53
Ilustración 6: Motor de 1 HP de potencia	54
Ilustración 7: Sistema de poleas y bandas.....	54
Ilustración 8: Varilla de hierro galvanizado y aletas.....	55
Ilustración 9: Soportes de hierro y platinas para estabilidad.	55
Ilustración 10: Tubo acrílico de 1.20 m por 0.15 m.....	56
Ilustración 11: Llave de media pulgada para toma de muestras.....	57
Ilustración 12: Llave y acople de 1/2 pulgada para la evacuación del AA.SS	57
Ilustración 13: Base para colocar el tubo acrílico	58
Ilustración 14: Manguera de 3/4 para expulsión de olores.	58
Ilustración 15: Quemador de gas metano.....	59
Ilustración 16: Filtros de PVC de 1 m, 0.8 m, 0.6 m para etapa de sedimentación.....	59
Ilustración 17: Tubos para filtros antes de unirlos	60
Ilustración 18: Reactor anaeróbico secuencial para tratar agua residual doméstica.....	60
Ilustración 19: Estación de bombeo Urbanización Laguna del Sol KM 8 Vía a Samborondòn (Planta de tratamiento de lodos activos).....	61
Ilustración 20: Malla para impedir el paso de Sòlidos.....	62
Ilustración 21: Llave para envasar el agua residual doméstica.....	62
Ilustración 22: Vertido del agua para llevarla a planta piloto	63

Ilustración 23: Tanque de aireación de planta de tratamiento.....	63
Ilustración 24: Envasado de agua residual de tanque de aireación	64
Ilustración 25: Extracción de agua del tanque de aireación	64
Ilustración 26: Vertido del agua residual doméstica a la planta piloto	65
Ilustración 27: Medidas de niveles de llenado para ambas alturas	67
Ilustración 28: Abertura de llave a 8 mm para uso del mismo caudal.....	67
Ilustración 29: Toma de la muestra de planta piloto	68
Ilustración 30: Nivel de llenado de AA.SS de planta piloto	68
Ilustración 31: Agua residual extraída de tanque de aireación (Inóculo)	69
Ilustración 32: Nivel de llenado de 1.05 m, del agua residual más inóculo.....	69
Ilustración 33: Después del mezclado los Sòlidos se empiezan a degradar hacia el fondo	70
Ilustración 34: Etapa de sedimentación con filtro de 1m a la altura de 1.05m	71
Ilustración 35: Etapa de vaciado (toma de muestra)	71
Ilustración 36: Después de dos horas de reacción el sedimento empieza a formarse	72
Ilustración 37: Los flòculos que no se asentaron se adhieren al filtro	73
Ilustración 38: Toma de muestra al terminar el proceso	73
Ilustración 39: Filtro de 0.6 para etapa de sedimentación.....	74
Ilustración 40: Flòculos adheridos al terminar las 10 horas.....	75
Ilustración 41: Etapa de llenado a la altura de 1.15 m	75
Ilustración 42: Aspecto del agua después del mezclado	76

Ilustración 43: Filtro de 1 metro para altura de 1.15 m.....	76
Ilustración 44: Flòculos adheridos al filtro	77
Ilustración 45: Etapa de vaciado (toma de muestra)	77
Ilustración 46: Etapa de llenado para 1.15 metros.	78
Ilustración 47: Filtro de 0.80 m etapa de sedimentación	79
Ilustración 48: Etapa de vaciado (toma de muestra)	79
Ilustración 49: Estado del agua al terminar los cuatro ciclos de reacción	80
Ilustración 50: Filtro de 0.60 metros	80
Ilustración 51: Flòculos adheridos al filtro al terminar las 10 horas de sedimentación.	81
Ilustración 52: Volumen del sedimento al fondo del acrílico.....	81
Ilustración 53: Limpieza de los equipos al terminar cada proceso	82
Ilustración 54: Comparación del agua residual de planta piloto con las aguas residuales tratadas	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Indicador de nivel de DBO ₅	7
Figura 2: Fases del SBR de tipo anaeróbico.	12
Figura 3: Fase de llenado de proceso anaeróbico.....	13
Figura 4: Etapa de Reacción.	14
Figura 5: Etapa de Sedimentación	15
Figura 6: Etapa de Vaciado o Extracción.....	16
Figura 7: Agua residual doméstica.....	17
Figura 8: Agua residual doméstica.....	18
Figura 9: Agua residual industrial.....	19
Figura 10: Aguas residuales de agricultura y ganadería.	20
Figura 11: Aguas residuales domésticas.	21
Figura 12: Rejilla de Desbaste	22
Figura 13: Escala de PH.....	27
Figura 14: Fases de tratamiento de agua residual.	37
Figura 15: Humedal con plantas acuáticas para tratar agua residual	91

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Análisis de la influencia de variación de altura de llenado.....	88
Gráfico 2: Análisis de influencia de variación de filtros de plástico.	89
Gráfico 3: Porcentaje de Remoción de DBO ₅ de los seis procesos.....	93

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Concentración de entrada (planta piloto) y primera muestra de salida de DBO ₅	101
Anexo 2: Segunda muestra de salida de concentración de DBO ₅	102
Anexo 3: Tercera muestra de salida de concentración de DBO ₅	103
Anexo 4: Cuarta muestra de salida de concentración de DBO ₅	104
Anexo 5: Quinta muestra de salida de concentración de DBO ₅	105
Anexo 6: Sexta muestra de salida de concentración de DBO ₅	105
Anexo 7: Artículo de la Revista.....	105

INTRODUCCIÓN

En la actualidad es necesario la utilización de un reactor biológico secuencial de tipo anaeróbico, con este sistema se puede tratar el agua residual y ayudar a la remoción o disminución de los diversos parámetros del agua servida, de esta manera obtener una agua más limpia y de mejor calidad que el agua no tratada, que pueda ser evacuada hacia la intemperie sin temor de afectar el medio ambiente.

Hoy en día las descargas de agua residual hacia cuerpos de agua dulce son innumerables, afectando seriamente el medio ambiente debido a que las aguas tratadas descargadas presentan altos índices de contaminación debido a que no han pasado por un proceso adecuado de tratamiento de agua residual, por tanto es inminente la implementación de un reactor biológico secuencial para contrarrestar este problema.

El proceso de remoción de aguas residuales ayuda a mejorar la condición del agua para usarlas en otros procesos, como riego de plantaciones debido a que gana nutrientes que ayudan que la vegetación crezca sin sufrir contaminación. Caso contrario, la presencia de materia orgánica en los cuerpos de agua receptores disminuye la concentración de oxígeno disuelto ocasionando la muerte de especies acuáticas en el medio y muerte de la vegetación.

El objetivo de este proceso de remoción de DBO mediante un reactor anaeróbico secuencial tratando agua residual doméstica, es bajar considerablemente la concentración de este parámetro respecto a la concentración de entrada, es decir del agua servida de la planta piloto (agua no tratada). Para este procedimiento se emplea la misma agua residual de la planta piloto para todos los procesos realizados, así determinar en cual prueba se obtuvo la mejor remoción de DBO₅.

La metodología de investigación del proyecto es de tipo experimental científica, se considera de este tipo por la manipulación de un objeto, líquido o volumen que pasa por un proceso en la cual se obtendrán resultados que serán sujetos a un análisis, es decir es un experimento tomando notas de una investigación de acuerdo a lo que el usuario desea saber o investigar.

El agua residual doméstica se trata de un agua residual que es especialmente alta en contaminantes orgánicos y sólidos sedimentables, así como en bacterias. Es el agua que se desecha cuando se tira de la cadena del inodoro, cuando se ducha, cuando se usa el fregadero de la cocina o, incluso, del agua de las piscinas. Estas

aguas a comparación de las industriales son de menor índice de contaminación, no obstante deben pasar por tratamiento para ser descargadas a la intemperie (verde, 2018).

En este proceso solo se enfocó en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno consumido al degradar la materia orgánica de una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación; normalmente se mide transcurridos cinco días de reacción (DBO₅) y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mg O₂ /l) o también mg/litro (Lec, 2014).

En el Capítulo I se menciona la delimitación, formulación y sistematización del problema. También el planteamiento del objetivo general y los objetivos específicos, la justificación del tema con el respectivo alcance del proceso a efectuar. Posteriormente entrando en el Capítulo II se refiere a tres puntos específicos: marco teórico, marco conceptual y marco legal donde se presentan las normativas ambientales tomadas en cuenta para la ejecución de este procedimiento.

En el Capítulo III se menciona la metodología de la investigación, en este caso es de tipo experimental científico, también de la implementación del reactor biológico secuencial de tipo anaeróbico, desde la fase previa donde se obtuvo el agua residual, la construcción o elaboración del reactor y los datos tomados en las pruebas o corridas efectuadas de los procesos de remoción de DBO del agua residual doméstica.

En el Capítulo IV se mencionan los resultados obtenidos a las pruebas efectuadas en el proceso de remoción de DBO, en base a los resultados la muestra de concentración de DBO₅ en la planta piloto resultó 124.7 mg/l, la primera muestra de Salida de DBO₅ resultó 59,4 mg/l, la segunda muestra resultó 67,2 mg/l, la tercera muestra 93 mg/l, la cuarta muestra 54,3, la quinta 47,9 mg/l, la sexta y última muestra de salida de DBO₅ resultó 71.4 mg/l.

En base a los resultados obtenidos en las pruebas de muestreo de DBO₅, se determina que la prueba correspondiente al quinto día fue el de menor concentración obteniendo 47,9 mg/l de DBO₅ con un 61.59 % de remoción siendo el mejor resultado, caso contrario el del tercer día fue el de mayor concentración obteniendo 93 mg/l con un 25.4 % siendo el de menor remoción.

CAPÍTULO I

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema.

Remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en un reactor anaeróbico secuencial discontinuo tratando agua residual doméstica.

1.2. Planteamiento del problema.

Con este Trabajo de investigación, se pretende implementar una Planta Piloto de reactor biológico secuencial en el Laboratorio de elaboración de bloques de la Universidad Laica Vicente Roca fuerte. Debido al desconocimiento de la población al descargar las aguas tratadas con altos índices de contaminación, es necesario implementar un sistema alternativo de tratamiento de agua residual, especialmente para familias de estratos bajos, medios, etc.

Luego, se iniciará la implementación del reactor biológico secuencial de tipo anaeróbico en el Laboratorio probando con diferentes alturas de agua, y volumen de filtro de plástico en el Reactor biológico secuencial de tipo anaeróbico para obtener los mejores porcentajes de remoción de Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO y establecer diferencias entre cada muestreo.

1.3. Formulación del problema.

¿Es necesario implementar nuevos sistemas de tratamiento de aguas residuales que sean prácticos, confiables, óptimos y de bajo costos en lugares de poco espacio y en donde no existan plantas de tratamientos de aguas residuales?

1.4. Sistematización del problema.

* ¿Cuáles serían los beneficios de implementar este método para nuestro medio ambiente?

* ¿Cuáles son las ventajas de usar reactores secuenciales para la remoción de DBO?

* ¿Qué tan necesario es implementar este tipo de métodos tomando en cuenta el incremento de exigencias ambientales para la población mundial?

1.5. Objetivos de la investigación.

1.5.1. Objetivo general.

Evaluar la remoción del parámetro indicador Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en un Reactor biológico secuencial discontinuo de tipo anaeróbico para el tratamiento de agua residual doméstica de una vivienda.

1.5.2. Objetivos específicos.

- Analizar la influencia de la variación de alturas de llenado de agua residual doméstica en la remoción del parámetro indicador Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) con un Reactor biológico secuencial discontinuo de tipo anaeróbico.
- Analizar la influencia de la variación de volúmenes de filtro de plástico en la remoción en un reactor biológico secuencial de tipo anaeróbico.
- Evaluar económicamente el uso del reactor anaeróbico secuencial mediante la comparación con otro sistema de tratamiento de aguas residuales.

1.6. Justificación de la investigación.

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

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.

1.7. Delimitación o alcance de la investigación.

Campo:	Educación Superior. Tercer nivel.
Área:	Ingeniería Civil.
Aspecto:	Investigación experimental.
Tema:	Remoción de la demanda bioquímica de oxígeno. (DBO) en un reactor anaeróbico secuencial discontinuo tratando agua residual doméstica.
Delimitación espacial:	Guayaquil-Ecuador / Planta Piloto ULVR.
Delimitación temporal:	6 meses.

1.8. Hipótesis.

Es posible la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) usando reactores secuenciales (SBR) mediante la metodología anaeróbica para aguas residuales, tomando en cuenta su factibilidad de implementación y ejecución para poblaciones de altos o bajos recursos.

1.8.1. Variable Independiente.

Es posible la remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) usando reactores secuenciales (SBR) mediante la metodología anaeróbica.

1.8.2. Variable Dependiente.

Para aguas residuales tomando en cuenta su factibilidad de implementación y ejecución para poblaciones de altos o bajos recursos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Teórico.

2.1.1. Antecedentes.

En la actualidad, en las grandes ciudades de nuestro país entre ellas Guayaquil y en urbanizaciones privadas se usan algunos tipos de PTAR (Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales) en su mayoría de lodos activos, para lo cual se necesita de un espacio grande para construirla, generan altos gastos en su mantenimiento y también el alto gasto del consumo eléctrico de la misma. En consecuencia, sería importante la implementación de un nuevo sistema o la variación de un sistema de lodos activados a un reactor secuencial discontinuo para tratar las aguas residuales tomando en cuenta la complejidad que conlleva hacerla de la manera tradicional.

El Reactor biológico secuencial discontinuo de tipo anaeróbico, no necesita mucho espacio para construirlo, requiere poco tiempo para elaborarlo, el costo es bajo comparado con otros sistemas de plantas residuales, su mantenimiento es más práctico y menos costoso y genera un gran ahorro en el consumo eléctrico a comparación de las plantas tradicionales.

Por lo tanto, es un sistema que tiene muchas ventajas y es práctico para su ejecución, en lugares que están alejados de la urbe y no cuentan con un gran poder monetario para poder tratar el agua residual, pueden implementar este tipo de reactores ya que no se necesita ser un especialista en esta rama para poder construirlo. Además, que es amigable para el medio ambiente y contribuye para reducir la contaminación, como la reducción de olores fétidos que afectan y molestan a habitantes que vivan cerca de estas plantas.

2.1.2. Demanda bioquímica de oxígeno.

Donde existe el intercambio del oxígeno del aire con el agua, la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para oxidar residuos orgánicos de modo aerobio se denomina Demanda Bioquímica de Oxígeno. Se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia orgánica biodegradable, presente en la muestra de agua (Fibras y Normas, 2018).

En condiciones normales de laboratorio, la DBO se determina a una temperatura de 20o C en un tiempo de 5 días, siendo expresado en mg/l y es conocido como DBO₅. 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 DBO₅ es uno de los indicadores más importantes en la medición de la contaminación en aguas residuales (Lec, 2014). (Ver Figura 1)

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)		
Criterio	Clasificación	Color
mg/l DBO ₅ ≤ 3	Excelente No contaminada	Azul
3 < DBO ₅ ≤ 6	Buena calidad Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable	Verde
6 < DBO ₅ ≤ 30	Aceptable Con indicio de contaminación. Aguas superficiales con capacidad de autodepuración con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	Amarillo
30 < DBO ₅ ≤ 120	Contaminada Aguas superficiales con descargas de aguas residuales crudas, principalmente de origen municipal	Naranja
DBO ₅ > 120	Fuertemente contaminada Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas residuales crudas municipales y no municipales	Rojo

Figura 1: Indicador de nivel de DBO₅

Fuente: Vatten corporate S.A. (2014)

2.1.2.1. Remoción de DBO.

La DBO o Demanda Biológica de Oxígeno, es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable existente en un agua residual. Es por tanto una medida del componente orgánico que puede ser degradado mediante procesos biológicos. Se puede decir por tanto que la DBO representa la cantidad de materia orgánica biodegradable (Hidritec, 2016).

Es necesario, por tanto, controlar estos parámetros para asegurar una buena calidad de vertido a la vez que cumplimos con las normativas legales sin crear alteraciones medioambientales poniendo en peligro nuestro ecosistema. Para reducir la DBOs de un vertido lo más adecuado son los procesos biológicos dentro de los cuales nos encontramos con distintas alternativas (Hidritec, 2016).

Otro tipo de procesos a utilizar en la degradación de la materia orgánica son los procesos anaerobios, en este caso en ausencia total de oxígeno. Mediante estos tratamientos se obtienen gases que pueden ser aprovechados para uso energético

como el metano. Para la remoción de DBO_5 se puede utilizar un reactor anaeróbico secuencial, donde este no solamente servirá para la disminución de este parámetro, sino para la remoción de otros parámetros del agua residual doméstica (Hidritec, 2016).

2.1.3. Reactor biológico secuencial (SBR).

Es evidente que en la actualidad el crecimiento de la población mundial ha incrementado la cantidad y la diversidad de las aguas residuales, tanto en materia orgánica como en nutrientes, de tal forma que su disposición incontrolada causa deterioro en el ambiente, al propiciar el proceso denominado eutrofización. Teniendo en cuenta la problemática expuesta anteriormente, los reactores discontinuos secuenciales (SBR) constituyen una tecnología versátil en el tratamiento de las aguas residuales y continúan adquiriendo importancia en la eliminación de contaminantes, con respecto a su similar de lodos activados convencional.

SBR es el nombre dado al sistema de tratamiento de aguas residuales operado sobre la base de la tecnología de lodos activados, en una secuencia de ciclos de llenado y de vaciado. Éste incluye normalmente 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 tipo de reactores constituyen una excelente oportunidad de innovación en el campo de tratamiento de aguas residuales, debido a la flexibilidad de operación y a su fácil automatización. Así mismo, en años recientes, los sistemas de reactores discontinuos secuenciales han demostrado buenos resultados en la eliminación biológica de nutrientes.

Este sistema de tratamiento ofrece varias ventajas incluyendo mínimo requerimiento de espacio, facilidad de manejo y la posibilidad de realizar modificaciones en el tren de tratamiento se puede definir como un sistema de lodos activados, cuyo funcionamiento se basa en la secuencia de llenado y vaciado. Los procesos unitarios que intervienen son similares a los de un proceso convencional de lodos activados (Paredes, 2014).

Las etapas del proceso son secuenciales y se repiten periódicamente, además de que se emplea aireación (proceso aeróbico) o no (proceso anaeróbico), para conseguir la degradación de la materia orgánica. Los sistemas de reactores discontinuos tienen en común 4 etapas, las cuales se llevan a cabo en secuencia: etapa de llenado, para la adición de sustrato al reactor; etapa de reacción, en la cual el reactor se somete a la mezcla; dependiendo de las necesidades del tratamiento, etapa de sedimentación que permite la separación de sólidos para lograr un sobrenadante clarificado como efluente; y etapa de vaciado, cuyo propósito es la extracción del agua clarificada del reactor.

El sistema SBR ha sido utilizado con éxito para el tratamiento de aguas residuales provenientes de la industria química, para el tratamiento de estiércol de cerdo, aguas residuales salinas y suelos contaminados entre otros efluentes. Además de permitir el manejo de un amplio espectro de compuestos orgánicos, y con la incorporación de etapas anaeróbicas, se puede lograr la remoción conjunta de materia orgánica (MO), nitrógeno (N) y fósforo (P) (Paredes, 2014).

Con la introducción de la fase anaerobia se produce la liberación de fósforo por parte de los microorganismos; en la fase aerobia tiene lugar la nitrificación, consumo de oxígeno y de fósforo; mientras que la desnitrificación ocurre en la siguiente fase anóxica. Debido a que en la operación de un SBR el sustrato orgánico soluble es consumido por los microorganismos en la fase aerobia, se deben efectuar mediciones para asegurar suficiente sustrato orgánico soluble para la desnitrificación. La intensidad en la aireación durante la fase aerobia en este tipo de reactores influye en el desempeño del proceso global (Paredes, 2014).

2.1.4. Reactor biológico secuencial discontinuo de tipo anaeróbico.

Los reactores de lotes secuenciales anaeróbico (ASBR) operan en cuatro pasos cíclicos: llenado, reacción, sedimentación y el vaciado. ASBR permite el típico metabolismo anaeróbico biológica de consumo de sustrato a metano y dióxido de carbono de producción. Los microorganismos están expuestos a concentraciones de sustrato variables durante la duración del ciclo, lo que resulta en altas tasas de conversión de sustrato y la floculación de biomasa eficiente y de sedimentación.

Las altas concentraciones de sustrato en el comienzo de un ciclo resultan en alta actividad metabólica y la eliminación de sustrato. Las bajas concentraciones de

sustrato hacia el final del ciclo resultan en una baja producción de biogás y permiten una buena sedimentación de lodos, los ciclos deben ser tan frecuente como sea posible al tiempo que permite la finalización de cada una de las cuatro etapas.

De funcionamiento por lotes permite que el tiempo de residencia de sólidos para ser independiente del tiempo de retención hidráulico, sin recurrir a un tanque de sedimentación, ya que las funciones reactor como un decantador cada vez que el mecanismo de agitación está desactivado. Esta revisión presenta una visión general del proceso de ASBR y los diversos factores que influyen en su rendimiento (Kannan, 2015).

Se lleva a cabo en ausencia de oxígeno, la materia orgánica es consumida por las bacterias en un reactor. Los reactores anaerobios son biorreactores que pueden ser utilizados para tratar efluentes domésticos o industriales con altas cargas orgánicas, estos pueden utilizarse solos o con unidades de postratamiento para producir un efluente final adecuado para su disposición final (Kannan, 2015).

Al compararlos con los reactores aerobios se pueden encontrar las siguientes ventajas y desventajas:

Ventajas:

- Bajo consumo de energía; no se requiere aporte de O₂.
- Posibilidad de recuperar y utilizar CH₄ como combustible.
- El lodo obtenido es un lodo ya estabilizado
- Alta efectividad de la operación del reactor, ya que permite trabajar con altas cargas orgánicas y alto ratio de remoción a temperaturas de 20° C.
- Operación confiable.
- Las reacciones se pueden separar en distintas capas y etapas, reduciendo la inhibición que provocan la grasa láctea y los lípidos.
- Retención de Sólidos (SRT), independientemente del Tiempo de Residencia Hidráulico (HRT)

Desventajas:

- Largo período de arranque si no se utiliza inóculo (4-6 meses).
- Sensibilidad a variación de condiciones ambientales.

La digestión anaeróbica se desarrolla en reactores anaeróbicos. Casi toda la materia orgánica puede ser digerida anaeróbicamente por microorganismos excepto los compuestos como la lignina y otros de menor degradabilidad. El biogás producido tiene un alto poder calorífico y es considerado como una fuente renovable de energía. Aunque la digestión anaeróbica presenta muchas ventajas, existen algunas limitaciones en el proceso que son inevitables (Fiotto, 2013).

Solo una fracción de la materia orgánica se puede descomponer, la velocidad de reacción del proceso anaeróbico es muy baja lo que se traduce en reactores de grandes volúmenes y altos costos, el proceso es muy sensible a las sustancias inhibitoras, la calidad del efluente sobrenadante requiere posterior tratamiento, así como el biogás debido a la presencia de compuestos de azufre (Fiotto, 2013).

En relación con los biosólidos estabilizados, la presencia de metales pesados aumenta levemente su concentración luego de la digestión limitando la tasa de aplicación en suelo. Los tratamientos biológicos de aguas residuales aprovechan la capacidad de determinados microorganismos (entre los que destacan las bacterias) de asimilar la materia orgánica y los nutrientes disueltos en el agua residual a tratar para su propio crecimiento, llevando a cabo la eliminación de componentes solubles en el agua.

La materia orgánica soluble es asimilada por los microorganismos como fuente de carbono. Tras esta operación se separa por decantación la biomasa generada del sobrenadante. Para el crecimiento de los microorganismos es necesario, aparte de la materia orgánica, la presencia de nitrógeno y fósforo en el efluente. Si su concentración no es suficiente, se deberán aportar al tratamiento (Fiotto, 2013).

2.1.4.1. Fases de la operación del SBR de tipo anaeróbico.

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

En realidad, al final de la fase de reacción no se puede saber con certeza si los microorganismos han ya degradado al sustrato por debajo de la concentración mínima requerida, a menos que se haga una prueba de laboratorio para determinarlo.

En un SBR todas las operaciones se realizan en un mismo tanque de acuerdo con un ciclo operativo. Este ciclo, que se reproduce de forma continua, queda dividido en diferentes fases: llenado, reacción, sedimentación o decantación y vaciado (Paredes, 2014). (Ver Figura 2)

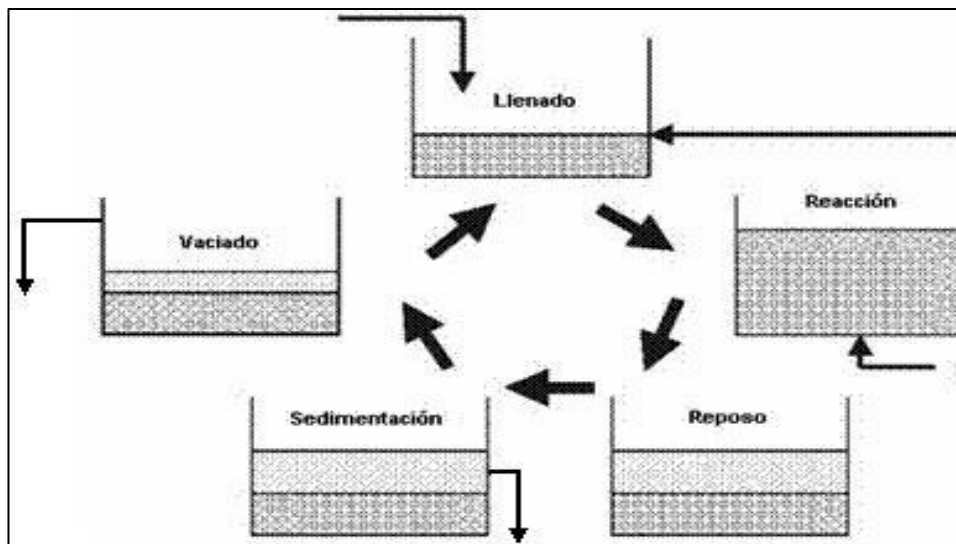


Figura 2: Fases del SBR de tipo anaeróbico.

Fuente: Madrid Blogs, 2006.

El volumen del líquido de mezcla varía en cada fase, siendo máximo durante la reacción. Para el tratamiento de las aguas residuales urbanas es usual optar de 2 a 6 ciclos diarios. Los reactores SBR fundamentan su funcionamiento en un sistema de llenado y vaciado. Todos los procesos se llevan a cabo en un solo reactor y siguen una secuencia de llenado, reacción, sedimentación y vaciado. Con fundamento en lo planteado por Broch, la configuración del ciclo depende de las características del agua residual y los requisitos legales a cumplir (Paredes, 2014).

- **Etapas de llenado**

La etapa de llenado es la primera de las cuatro en el proceso de remoción anaeróbica de DBO₅, tomando en cuenta los ensayos que se vayan a realizar, hay que trabajar con el mismo caudal para todos los procesos y así determinar una comparación. Hay que percatarse que el tanque en el cual se va a ejecutar el proceso debe estar prácticamente cerrado ya que debe estar sin la presencia de oxígeno al ser un proceso anaeróbico.

Esta etapa puede ser estática, mezclada o aireada en este caso será de tipo anaeróbico, es decir sin presencia de oxígeno, dependiendo de los objetivos que se tengan previstos para el tratamiento del agua residual. En el llenado estático resulta una entrada mínima de energía y una concentración alta de sustrato al final de la misma.

Puede presentarse desnitrificación con la presencia de nitratos y generar condiciones propicias para la remoción del fósforo pero en este caso se lo realizará para la remoción de DBO₅. Con respecto al llenado, se genera al comienzo de las reacciones anaerobias y mantiene bajas concentraciones de sustrato, situación importante cuando existen elementos tóxicos en el agua residual. En cualquier caso, la fase de alimentación puede ser simple o múltiple dependiendo de los objetivos del tratamiento.

Durante la fase de llenado el afluente que entra en el tanque se va añadiendo a la biomasa presente en el reactor hasta llegar al volumen máximo del icor mezcla. El tiempo de llenado influye decisivamente en la decantabilidad de los fangos crecimiento de organismos filamentosos, siendo más estable y produciendo unos fangos más compactos que un reactor convencional (Paredes, 2014). (Ver Figura 3)

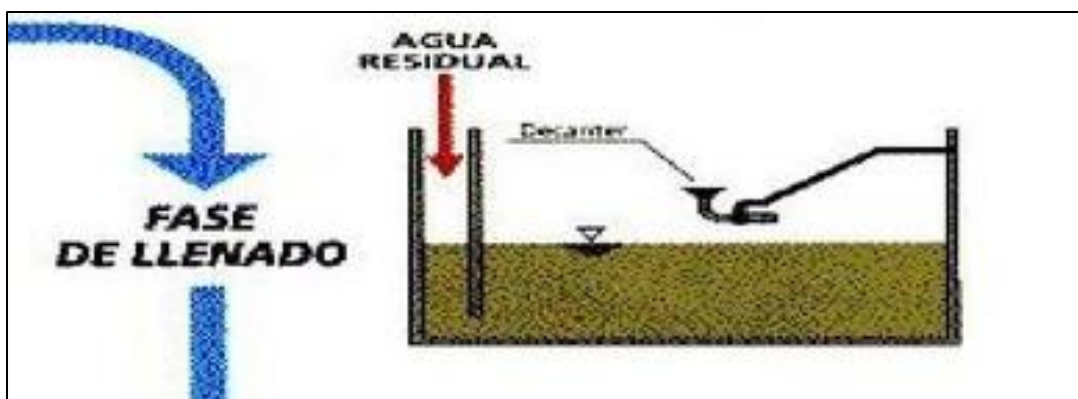


Figura 3: Fase de llenado de proceso anaeróbico.

Fuente: Daniel Gil Jordano, 2010.

- **Etapa de reacción.**

La segunda etapa es la de reacción también conocida como mezclado, en la cual el agua residual será intervenida mediante revoluciones o giros y así poco a poco formar la biomasa. Generalmente se proveen condiciones de mezcla, en las que se permite el consumo de sustrato en condiciones ambientales controladas que pueden

ser aerobias, anaerobias o anóxicas, dependiendo de la secuencia de tratamiento elegida. (Ver Figura 4)

Cabe recalcar que en esta etapa se empiezan a separar los sólidos donde empieza la degradación de los mismos hacia el fondo del recipiente, lo recomendable es que sean revoluciones suaves que no pasen de las 100 revoluciones por minuto para un mejor proceso. En las investigaciones asociadas a los procesos SBR se explica que en la fase de reacción anaerobia esencialmente se propicia la liberación del fósforo en forma de ortofosfatos; en la aerobia se llevan a cabo la oxidación de la materia orgánica y la nitrificación; y en condiciones anóxicas se presenta la desnitrificación y asimilación de fósforo.

En esta fase el volumen del reactor es máximo y se encuentra en completa agitación. Dependiendo de la estrategia de funcionamiento, se disponen fases aerobias y anaerobias. En esta fase se realiza la purga de fangos, con objeto de controlar la edad del mismo. Esta fase suele durar de 1,5 a 4 horas. En la fase de reacción se completan los procesos bioquímicos iniciados en la fase de llenado, como lo son la eliminación de la materia orgánica, la nitrificación y la desnitrificación. El licor mezcla se mantiene en agitación y puede estar o no aireado, habiendo subfases aireadas y subfases anaireadas, que se han de establecer según los objetivos de tratamiento buscados (Paredes, 2014).

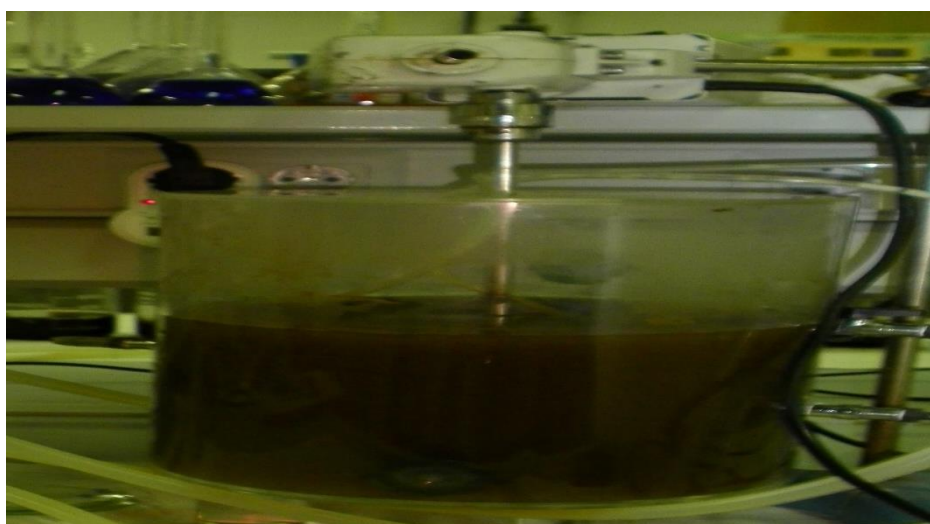


Figura 4: Etapa de Reacción.

Fuente: Uncategorized sitio web, 2012.

- **Etapa de sedimentación**

La tercera etapa es la de sedimentación, en la cual los sólidos se degradan al fondo del tanque para formar el sedimento, para una buena decantación se deja el agua residual en reposo por un tiempo prolongado después de la mezcla para que de esta manera haya un mejor asentamiento de los flòculos.

Se puede observar claramente como baja considerablemente la turbiedad del agua de caudal de entrada o agua no procesada, también se observa como se ha formado el volumen de sedimento en el fondo, mientras más sólidos se observe al fondo del recipiente es un indicador que la remoción se ha efectuado de manera correcta.

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

Los sólidos se dejan separar del líquido en condiciones de quietud, lo que resulta en un sobrenadante clarificado que puede ser descargado como efluente. El tiempo de asentamiento puede durar entre 5 hasta 24 horas, y previene que el manto de sólidos flote debido a la acumulación de gas (Paredes, 2014). (Ver Figura 5)



Fuente: Blog de Tratamiento de Aguas residuales, 2010

Figura 5: Etapa de Sedimentación

Al final de la fase de reacción la agitación se detiene, quedando en reposo en la fase de sedimentación. Los fangos decantan por gravedad al fondo del reactor, dejando el agua clarificada en la parte superior del tanque. En un sistema SBR la decantación es más eficiente que en un reactor convencional al estar completamente en reposo. El principal problema que se puede tener en la decantación es la aparición de organismos filamentosos, que dan lugar en un fango muy esponjoso que decanta

con dificultad. Los SBR permiten controlar estos microorganismos de manera sencilla, mediante la introducción de fases anóxicas (Paredes, 2014).

- **Etapa de vaciado.**

La última etapa es la de vaciado, en la cual se ejecuta la extracción del agua ya tratada para analizarla en el laboratorio y deducir los resultados de remoción. El agua residual se nota más clara a comparación al líquido no tratado, donde se debe tomar la muestra aproximadamente cinco a diez centímetros desde la lámina de agua. Durante este período se extrae el efluente del interior del tanque. El sobrenadante clarificado se descarga del reactor como efluente, mediante un mecanismo que debe ser diseñado y operado de manera que se evite que el material flotante sea descargado. El exceso de lodo activado residual también se remueve (Paredes, 2014). (Ver Figura 6)

El proceso llevado a cabo en un SBR puede ofrecer muchas características ventajosas para aplicaciones en investigación: el control de las condiciones de funcionamiento es más fiable, preciso y versátil, la recolección de datos por medio de sensores de toma de muestras y en línea se hace más fácil y los resultados son más representativos.

De igual manera, la operación en un mismo tanque permite el ahorro en costos de capital y cuenta con ventajas tales como la posibilidad de ajustar y cambiar la duración de las diferentes etapas de tratamiento, control final de cada reacción biológica, así como también de la calidad del efluente. El resurgimiento del interés en el estudio de los SBR se limitó inicialmente a aplicaciones de tratamiento de los pequeños generadores de aguas residuales. Sin embargo, la necesidad de una mayor eficiencia en la eliminación de nutrientes, bajo límites cada vez más estrictos se ha traducido en la adopción de la tecnología SBR en instalaciones tan grandes como las que tratan 660 l/s (Paredes, 2014).

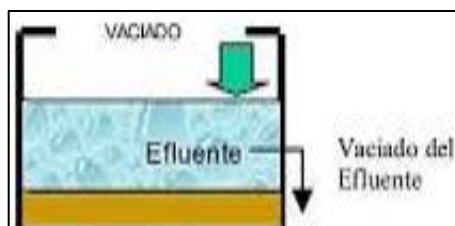


Figura 6: Etapa de Vaciado o Extracción.

Fuente: Eva Ortiz Llopis, 2017.

El agua clarificada que queda en la parte superior del reactor se evacua en la fase de vaciado o extracción, mediante un mecanismo extractor que va siguiendo la línea de agua, localizado en una estructura flotante denominada decanter. Al finalizar las cuatro etapas se debe dejar el tanque limpio y lavado, ya que si se va a efectuar otro nuevo proceso los floculas que quedan pueden interferir en los resultados (Paredes, 2014).

2.2. Marco Conceptual.

2.2.1. Agua Residual

Las aguas residuales pueden definirse como las aguas que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población, después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias. De acuerdo a su origen resultan de la combinación de líquidos y residuos sólidos transportados por el agua proveniente de residencias, oficinas, establecimientos comerciales e instituciones, industrias, de actividades agrícolas, aguas superficiales, subterráneas y de precipitación (Becerra, 2013).

A lo largo del tiempo los gobiernos ni la comunidad han valorado la importancia de las aguas residuales, y por lo tanto desde todas las fuentes posibles se genera indiscriminadamente. Son utilizadas en el riego de cultivos, donde los agricultores generadores de contaminación, pueden ocasionar la proliferación de enfermedades gastrointestinales, por la utilización de agua residual (sin tratar en la mayoría de los casos) o con un tratamiento muy deficiente; al ofrecer a los consumidores alimentos como verduras, frutas y hortalizas (Becerra, 2013). (Ver figura 7)



Figura 7: Agua residual doméstica

Fuente: Geo Innova,2015

Este tipo de aguas generalmente son producidas por regiones altamente pobladas, zonas en donde abundan las industrias y en las regiones en donde se practica la cría de animales, es por ello que se hace necesario la creación de herramientas para realizarles tratamiento y posteriormente sean ingresadas nuevamente a la naturaleza en un estado más limpio, todo esto se debe realizar mediante el uso de tuberías encargadas de trasladar el agua contaminada a las plantas de tratamiento correspondientes (Definicionyque.es, 2014).

El tratamiento de las aguas negras es de gran importancia para mantener intacta la higiene y la salud de las personas así como del ecosistema, el primer paso que se debe realizar es un análisis al agua, para de esa forma determinar los agentes tóxicos contenidos en ella y posteriormente se procede a diseñar la planta de tratamiento que se ajuste a los agentes contaminantes que el agua contiene, luego de ello se debe perfeccionar el proceso con el fin de evitar que la planta de tratamiento no genere emisiones de gases molestos que perjudiquen a las personas (Definicionyque.es, 2014).

2.2.1.1. Tipos de aguas residuales

Aguas residuales domésticas: Este tipo de agua residual es la que nos viene primero a la cabeza cuando pensamos en ella, ya que se trata de un tipo de agua residual con el que estamos en contacto todos los días. Este tipo de agua residual es el resultado del uso del agua en las viviendas y núcleos urbanos, donde también se concentran gran cantidad de comercios o lugares de trabajo. Se trata de un agua residual que es especialmente alta en contaminantes orgánicos y sólidos sedimentables, así como en bacterias. Se trata del agua que desechamos cuando tiramos de la cadena del inodoro, cuando nos duchamos, cuando usamos el fregadero de la cocina o, incluso, del agua de las piscinas (verde, 2018). (Ver Figura 8)



Figura 8: Agua residual doméstica

Fuente: Térmica Murciana S.A, 2017

Aguas residuales industriales: Este tipo de agua residual es el que resulta de los procesos que se llevan a cabo en el sector secundario de la economía, es decir, el referido a las actividades industriales. Aquí se incluye el agua que se desecha desde las fábricas, a las plantas de producción energética o cualquier otra actividad que esté destinada a la fabricación de productos consumibles o productos manufactureros (verde, 2018).

Este tipo de agua residual se caracteriza por contener un elevado nivel de componentes contaminantes del tipo de metales pesados, entre los que se encontrarían el plomo, el níquel, el cobre, el mercurio, o el cadmio entre muchos otros. Así mismo, también se trata de aguas residuales que contienen cantidades ingentes de elementos químicos artificiales de una variedad amplísima (verde, 2018). (Ver Figura 9)



Figura 9: Agua residual industrial.
Fuente: Aguas residuales.Info, 2016.

Aguas residuales de Agricultura y ganadería: Este tipo de aguas residuales son menos frecuentes en la agricultura, ya que la mayor parte de ella se utiliza para el riego, aunque sí que es cierto que, algunos cultivos, así como actividades destinadas al tratamiento de ciertos productos agrícolas, hacen uso de abundante agua y producen aguas residuales, sin embargo la inmensa mayoría de las aguas residuales del sector primario proviene de la ganadería, especialmente de la ganadería intensiva (verde, 2018).

Estas aguas contienen elevados niveles de contaminantes derivados tanto de ciertos productos químicos que se usan para criar al ganado como, especialmente, los que se derivan de los purines de los animales, es decir los desechos fecales y los orines de los animales que permanecen en estabulación, estas aguas también son productos de resultados de fumigaciones. (verde, 2018). (Ver Figura 10)

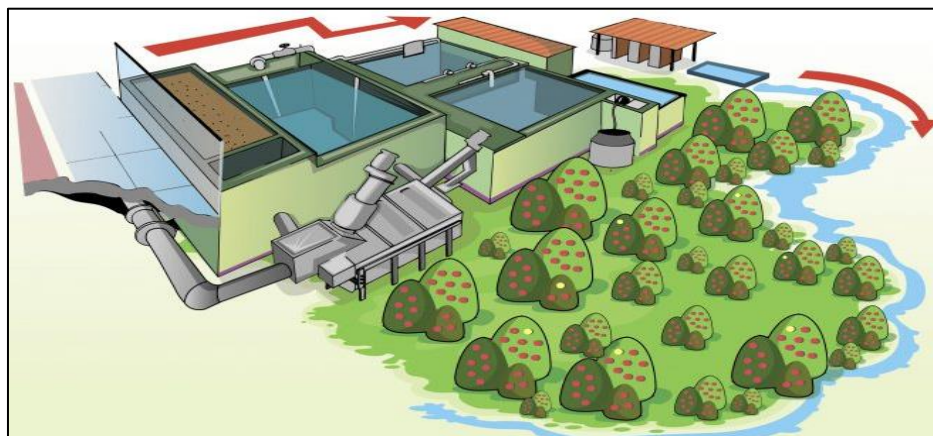


Figura 10: Aguas residuales de agricultura y ganadería.
Fuente: UNAG Nicaragua, 2017.

2.2.1.2. Agua residual doméstica.

Son las aguas de origen principalmente residencial (desechos humanos, baños, cocina) y otros usos similares que en general son recolectadas por sistemas de alcantarillado en conjunto con otras actividades (comercial, servicios, industria). Esta agua tiene un contenido de sólidos inferior al 1%. Si bien su caudal y composición es variable, pueden tipificarse ciertos rangos para los parámetros más característicos.

Las aguas residuales domésticas son producto de la utilización del líquido en las diferentes actividades de un hogar, las cuales producen un nivel de contaminación al agua que puede manifestar la presencia de sólidos, desechos orgánicos, detergentes, jabones y grasas, lo que precisa de un proceso para su eliminación. Comúnmente se les conoce también como aguas servidas o aguas negras y la importancia de su tratamiento y descontaminación radica en la posibilidad de devolver el líquido a afluentes naturales (residuales, 2014). (Ver figura 11)

El proceso de tratamiento inicia por la recolección del agua residual a través de fosas sépticas en las cuales se realiza el primer paso de depuración, en esta parte se lleva a cabo un efecto anaeróbico en el cual se asientan los residuos sólidos del agua, formando un material lodoso producto del asentamiento de los residuos, que facilita su filtrado posterior (residuales, 2014).

Durante, se efectúa la recolección de las aguas servidas por medio de tuberías para ser llevadas a plantas de tratamiento especializadas en las cuales se realizará el proceso de descontaminación a nivel físico, químico y biológico que permitirán una depuración total de las aguas residuales. En las fases posteriores del tratamiento a nivel bioquímico se libera el agua de los contaminantes a un nivel más profundo, con

lo que se puede lograr una purificación del líquido, necesaria para permitir un uso posterior de este sin que represente riesgos a la salud o daños al medio ambiente (residuales, 2014).

Debido a la gran cantidad de usos que se puede hacer del agua en los hogares, el nivel de contaminación de esta suele requerir de procesos de purificación más extensos en el tratamiento de aguas residuales para liberarla de residuos como heces, grasas o minerales nocivos. Las aguas residuales producidas en los hogares son de las que presentan mayor número de contaminantes y realizar un efectivo tratamiento previo a su liberación en los afluentes naturales se ha vuelto uno de los puntos más importantes actualmente en la prevención del deterioro ambiental provocado por el ser humano (residuales, 2014).



Figura 11: Aguas residuales domésticas.

Fuente: Tratamiento de Aguas Residuales S.A, 2014.

Los pretratamientos para aguas residuales domésticas más frecuentes son:

- **Desbaste (rejillas).**
- **Desarenado.**

Desbaste.

El desbaste mediante rejillas es una operación sencilla pero llamativa, ya que, en ella, se retienen los sólidos de gran tamaño. Estos sólidos son una verdadera muestra de la actividad que se ha realizado en la población unas horas antes pues, en su mayoría, proceden de los restos que se arrojan por los inodoros y los fregaderos urbanos. Así, encontramos desde restos de comida hasta pelos, plásticos, trozos de cristales, etc.

En el canal de entrada del agua a una planta de tratamiento es habitual encontrar una reja, constituida por barras paralelas que forman un ángulo de 30° a 80° respecto a la superficie del agua, aunque también las hay horizontales y verticales. En esta

reja quedarán retenidos todos aquellos cuerpos voluminosos, flotantes y en suspensión, arrastrados por el agua y cuyas dimensiones superen la luz de paso de la reja.

Para ello se recomiendan velocidades superiores a 0.4 m/s. No obstante, esta velocidad no deberá superar los 0.9 m/s para evitar el arrastre de basuras a través de las rejas. Luego de las rejillas se pueden colocar tamices, con aberturas menores para remover un porcentaje más alto de sólidos, con el fin de evitar atascamiento de tuberías, filtros biológicos, con una abertura máxima de 2.5 mm (residuales, 2014). (Ver Figura 12)

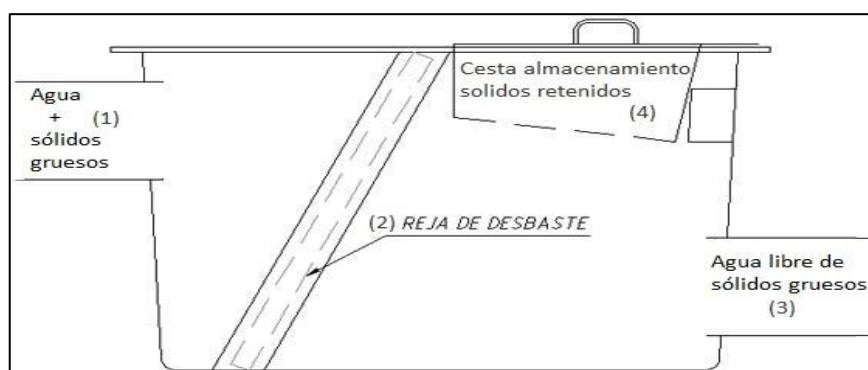


Figura 12 Rejilla de Desbaste

Fuente: GEDAR Gestión de aguas y residuos (s.f.)

Desarenado.

Los desarenadores son equipos muy utilizados para el pretratamiento de aguas o para la protección de los equipos que se encuentran aguas abajo en las instalaciones de depuración. En ellos se producen principalmente procesos de sedimentación de clase I. Los desarenadores más utilizados son los de flujo horizontal, los cuales basan su funcionamiento en la disminución de la velocidad de circulación del agua, permitiendo que los sólidos transportados sedimenten a lo largo del mismo.

Los sistemas de limpieza de los sólidos pueden ser de tipo manual (adecuados para desarenadores de pequeño tamaño) o de tipo mecánico, que emplean rascadores de fondo para arrastrar las partículas hasta la tolva de almacenamiento donde se realiza la evacuación del material. Es bastante común la utilización de dos unidades de tratamiento en paralelo por si se producen problemas de atascamiento en la extracción de los sólidos (Gonzales, 2017).

A continuación, se presenta la composición del agua residual doméstica según Metcalf-Eddy en la edición 2004. (Ver Tabla 1).

Tabla 1:
Composición del agua residual.

Composición del agua residual doméstica METCALF & EDDY 2004				
PARÁMETROS	Unidades	Débil	Mediano	Fuerte
Sólidos Totales	mg/L	390	720	1230
Totales Disueltos	mg/L	270	500	860
Totales Disueltos Fijos	mg/L	160	300	520
Totales Disueltos Volátiles	mg/L	110	200	340
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	120	210	400
Sólidos Suspendidos Fijos	mg/L	25	50	85
Sólidos Suspendidos Volátiles	mg/L	95	160	315
Sólidos Sedimentables	mg/L	5	10	20
DBO	mg/L	110	190	350
Carbono Orgánico Total	mg/L	80	140	260
DQO	mg/L	250	430	800
Nitrógeno	mg/L	20	40	70
Nitrógeno Orgánicos	mg/L	8	15	25
Amoniaco libre	mg/L	12	25	45
Nitritos	mg/L	0	0	0
Nitratos	mg/L	0	0	0
Fósforo	mg/L	4	7	12
Fósforo Orgánico	mg/L	1	2	4
Fósforo Inorgánico	mg/L	3	5	10
Cloruros	mg/L	30	50	90
Sulfato	mg/L	20	30	50
Aceites y Grasas	mg/L	50	90	100
Compuestos Orgánicos Volátiles	mg/L	<100	100-400	>400
Coliformes Totales	No./100m l	10 ⁶ - 10 ⁸	10 ⁷ - 10 ⁹	10 ⁷ - 10 ¹⁰
Coliformes Fecales	No./100m l	10 ³ - 10 ⁵	10 ⁴ - 10 ⁶	10 ⁵ -10 ⁸
Alcalinidad	mg/L	50	100	200

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

2.2.1.3. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua residual.

2.2.1.3.1 Parámetros Fisicoquímicos.

- **Sólidos totales.**

La determinación de los sólidos totales permite estimar los contenidos de materias disueltas y suspendidas presentes en un agua, pero el resultado está condicionado por la temperatura y la duración de la desecación. Su determinación se basa en una medición cuantitativa del incremento de peso que experimenta una cápsula previamente tarada tras la evaporación de una muestra y secado a peso constante a 103-105°C (Severiche, 2013).

- **Sólidos disueltos totales.**

Los sólidos disueltos totales, son las sustancias que permanecen después de filtrar y evaporar a sequedad una muestra bajo condiciones específicas. En los sólidos disueltos totales (SDT), se determina el incremento de peso que experimenta una cápsula tarada, tras la evaporación en ella de una alícuota de la muestra previamente filtrada y que posteriormente es secada a peso constante a 180°C, temperatura a la cual el agua de cristalización está prácticamente ausente. El contenido de sólidos disueltos puede estimarse por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos totales (Severiche, 2013).

La temperatura a la cual el residuo se seca, tiene un efecto importante sobre los resultados, ya que pueden ocurrir pérdidas en el peso de la materia orgánica presente durante la etapa de secado y/o desprendimiento de gases por descomposición química y/o por la oxidación del residuo, así como por la oclusión del agua. - El tipo de filtro, el tamaño del poro, el grosor del filtro, el tamaño de la partícula y la cantidad de material depositado en el filtro, son los principales factores que afectan la separación de los sólidos suspendidos y los disueltos (Severiche, 2013).

Los sólidos disueltos totales, son las sustancias que permanecen después de filtrar y evaporar a sequedad una muestra bajo condiciones específicas. En los sólidos disueltos totales (SDT), se determina el incremento de peso que experimenta una cápsula tarada, tras la evaporación en ella de una alícuota de la muestra previamente filtrada y que posteriormente es secada a peso constante a 180°C, temperatura a la cual el agua de cristalización está prácticamente ausente. El contenido de sólidos

disueltos puede estimarse por diferencia entre los sólidos totales y los sólidos suspendidos totales (Severiche, 2013).

- **Sólidos fijos y volátiles.**

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

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

- **Sólidos suspendidos totales.**

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

- **Sólidos suspendidos Volátiles.**

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

- **Sólidos suspendidos Fijos.**

Son los sólidos que permanecen cuando se calientan los sólidos totales o suspendidos a una temperatura de 550°C durante un tiempo específico. Este dato se asocia a subsustancias inorgánicas. Las determinaciones de sólidos volátiles y fijos no distinguen con precisión entre materia orgánica e inorgánica debido a que la pérdida en la ignición no se limita a la materia orgánica, sino que incluye las pérdidas debida a la descomposición o volatilización de algunas sales minerales (Reyes, 2017).

- **Sólidos sedimentables.**

Sólidos sedimentables es la cantidad de material que sedimenta de una muestra en un período de tiempo. Pueden ser determinados y expresados en función de un volumen (ml/L) o de una masa (mg/L), mediante volumetría y gravimetría respectivamente. En los procesos de remoción se los visualiza como el sedimento asentado en los reactores (Severiche, 2013).

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

- **PH.**

El PH es la medida de la concentración de los iones hidrógeno. Nos mide la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa. La medida de pH es un indicador muy importante en el tratamiento de las aguas residuales, independientemente de si hacemos tratamientos biológicos o físico químicos, es necesario conocer y en ocasiones ajustar el pH de entrada del agua a tratar, así como a lo largo de todo el proceso, ya que nos indica en cierto grado la dificultad del tratamiento a realizar.

Para poder realizar el correcto control del pH a lo largo del tratamiento es necesario identificar qué tipo de afluente tenemos y cuál es el rango de valores de pH en que se mantiene normalmente.

La medida de pH es un indicador muy importante en el tratamiento de las aguas residuales, independientemente de si hacemos tratamientos biológicos o físico químicos, es necesario conocer y en ocasiones ajustar el pH de entrada del agua a tratar, así como a lo largo de todo el proceso, ya que nos indica en cierto grado la dificultad del tratamiento a realizar.

Una vez establecido esto, debemos conocer también que los tratamientos de aguas residuales funcionan de forma óptima con valores de pH determinados, por lo tanto, siempre que sea necesario se recomienda el ajuste previo al tratamiento. Por ejemplo, para el tratamiento biológico con lodos activados, un pH correcto de funcionamiento es entre 6.5 y 7.5, teniendo en cuenta además que existe un rango de tolerancia a partir de estos valores (Nishikiten, 2013). (Ver figura 9).

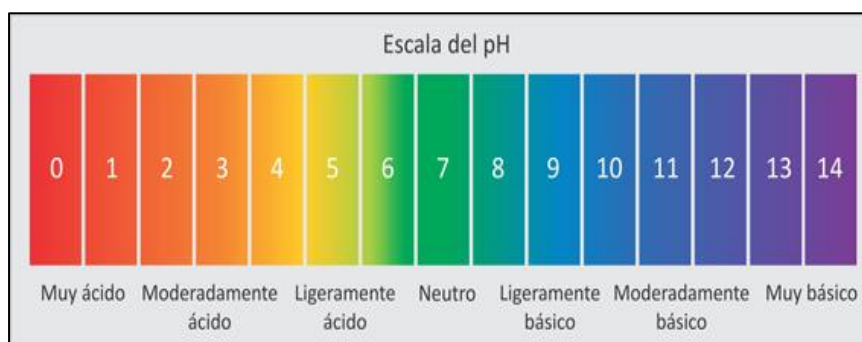


Figura 13 Escala de PH

Fuente: Carbotecnia S.A., 2014

- **Demanda bioquímica de oxígeno DBO**

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

La DBO es una medición que depende de la actividad microbiana y como tal su precisión inherente es menor en comparación a métodos abióticos. Agentes tóxicos de la muestra pueden inhibir la actividad microbiana: en muestras con pH extremo o con cloro, se neutraliza el primero, se suprime el segundo y se inocula flora

bacteriana nueva para garantizar la actividad microbiana, pero puede haber otros agentes inhibidores desconocidos (Microlab, 2015).

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

La actividad biológica es provocada por los microorganismos en condiciones aeróbicas, dando como consecuencia que la materia orgánica pierda sus propiedades contaminantes. Aquí existe el intercambio del oxígeno del aire con el agua. La cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para oxidar residuos orgánicos de modo aerobio se denomina Demanda Bioquímica de Oxígeno. La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) se usa como una medida de la cantidad de oxígeno requerido para oxidación de la materia orgánica biodegradable, presente en la muestra de agua, como resultado de la acción de oxidación aerobia (Lec, 2014).

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 O₂ y es conocido como DBO₅. 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 del agua potable (Lec, 2014).

El procedimiento de remoción de DBO se basa en la oxidación de la materia utilizando bicromato potásico como oxidante en presencia de ácido sulfúrico e iones de plata como catalizador. La disolución acuosa se calienta bajo reflujo durante 2 h a 150 °C. Luego se evalúa la cantidad del dicromato sin reaccionar titulando con una disolución de hierro (II). La demanda química de oxígeno se calcula a partir de la diferencia entre el dicromato añadido inicialmente y el dicromato encontrado tras la oxidación (Share, 2015).

- **Demanda química de oxígeno DQO.**

Mide la capacidad de consumo de un oxidante químico, dicromato, permanganato, etc. Por el total de materias oxidables orgánicas e inorgánicas. Es un

parámetro más rápido que el anterior ya que es de medición casi inmediata, la unidad de medida son ppm de O₂. Las aguas no contaminadas tienen valores de DQO de 1 a 5 ppm. Hay un índice que nos indicará el tipo de vertido, aguas arriba que tenemos en el agua que estamos analizando y es la relación (DBO / DQO) si es menor de 0,2 el vertido será de tipo inorgánico y si es mayor de 0,6 se interpretará que aguas arriba tenemos un vertido orgánico (Nishikiten, 2013).

- **Carbono orgánico total.**

Los compuestos de carbono orgánico varían enormemente. De hecho, una de las primeras lecciones de muchos cursos de introducción a la química orgánica explica que el número de compuestos de carbono posibles es prácticamente infinito debido a la capacidad del carbono de formar moléculas largas en forma de cadena. Aunque los métodos cromatográficos como la cromatografía de gases o la cromatografía líquida de alta eficacia pueden realizar determinaciones cuantitativas para compuestos específicos, el usuario primero debe saber cuáles son los compuestos específicos que busca.

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

- **Nitrógeno.**

El nitrógeno es un indicador relevante en los estudios medioambientales, debido a la importancia que este tiene en los procesos de tratamiento, en el control de la calidad de las aguas y de las descargas de las aguas residuales al medio. El método Kjeldahl es el más ampliamente utilizado para la determinación de nitrógeno total (N_{total}) y en las aguas residuales se encuentran diferentes especies nitrogenadas, como son: nitrógeno orgánico y amoniacal, nitritos, nitratos, entre otras.

La norma cubana de vertimiento de aguas residuales hace obligatoria la determinación de N_{total} mediante el método Kjeldahl. Los electrodos selectivos (ES) han permitido la determinación de nitrógeno amoniacal (N_{am}) con límites de cuantificación (LC) inferiores al método Kjeldahl. En el presente trabajo se realiza

una valoración de la problemática de la determinación de N_{total} y N_{am} en aguas residuales de los métodos analíticos de objeto de estudio (Carmen, 2013).

- **Nitrógeno orgánico.**

La presencia de nitrógeno orgánico en el agua se debe en diverso grado a los aminoácidos, los polipéptidos y las proteínas (todos aquellos productos de procesos biológicos) y, por lo tanto, incluye el nitrógeno albuminóideo. Una elevación en el contenido de nitrógeno orgánico se relaciona, con frecuencia, con la contaminación de una fuente de agua por aguas negras o desechos industriales. El nitrógeno orgánico se determina por el método Kjeldahl después de la eliminación del nitrógeno amoniacal, digestión de la muestra, destilación y titulación del amoníaco en el destilado con ácido valorado (INEN, 2013).

- **Amoniaco libre.**

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

- **Nitratos.**

El ion nitrato (NO_3) forma sales muy solubles y estables. En un medio reductor puede pasar a nitritos, nitrógeno e incluso amoníaco. Las aguas normales contienen menos de 10 ppm, y el agua de mar hasta 1 ppm. Aguas con infiltraciones de zona de riego con contaminación por fertilizantes pueden tener hasta varios centenares de ppm. Concentraciones muy elevadas en agua de bebida puede producir la cianosis infantil. Su presencia junto con fosfatos, en aguas superficiales, provocan la aparición de un excesivo crecimiento de algas es lo que se conoce como eutrofización (Nishikiten, 2013).

- **Nitrito.**

El nitrito se encuentra presente como ión nitrito (NO_2) o como ácido nitroso (HNO_2); la concentración de cada uno de ellos, depende del ph del agua de manera directa para el ión y de manera inversa para el ácido; ambos compuestos son

extremadamente tóxicos, pero en la naturaleza el ión es más común. La toxicidad puede ser reducida con la adición de cloruros y de otras sustancias menos efectivas como el bicarbonato y el calcio.

Los efectos toxicológicos en exposiciones prolongadas disminuyen la respuesta inmunológica de los organismos acuáticos induciendo a patologías que pueden conducir a la muerte de las especies, en organismos marinos reduce la habilidad de osmoregulación manifestándose en inhibición de los ciclos reproductivos (Calvachi, 2013).

- **Fósforo**

En las aguas naturales y residuales, el fósforo se presenta mayoritariamente en forma de fosfatos. Estos son clasificados en ortofosfatos, fosfatos condensados (piro, meta y otros polifosfatos) y fosfatos enlazados orgánicamente. Se encuentran en solución, en partículas o detritus o en cuerpos de organismos acuáticos y pueden provenir de diversas fuentes.

El análisis de fósforo implica dos etapas básicas, la primera la conversión de la forma de fósforo que interesa determinar, a ortofosfatos disueltos. Esto se logra mediante una hidrólisis o digestión oxidante. Cuando se quiere distinguir entre la forma disuelta y la suspendida, se realiza una filtración por membrana y la segunda la determinación colorimétrica de ortofosfatos. De los tres métodos existentes: ácido, cloruro de estaño II y ácido ascórbico, se ha seleccionado este último por su sensibilidad y simplicidad (Severiche, 2013).

- **Fósforo orgánico e inorgánico.**

El fósforo se encuentra en aguas naturales y residuales casi exclusivamente en forma de fosfatos, fosfatos condensados o polifosfatos y fósforo orgánico e inorgánico. Aparecen disueltos, en partículas o detritus y en los cuerpos de los organismos acuáticos. En general, se considera que el fósforo es el principal elemento limitante del crecimiento de las plantas en las aguas dulces de las zonas templadas. Por eso es el principal indicador del grado de eutrofización de un agua; a mayor concentración de fósforo, mayor eutrofia (HUILCA, 2015).

El fósforo total incluye compuestos diversos como, ortofosfatos, polifosfatos y fósforo orgánico. La determinación se hace convirtiendo todos ellos en ortofosfatos que son los que se determinan por análisis químico. Para la conversión del “fósforo orgánico”, en ortofosfato disuelto, es preciso realizar una digestión oxidante capaz de

oxidar la materia orgánica eficazmente para liberar el fósforo como ortofosfato (Rodríguez, 2013).

- **Cloruros.**

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

- **Sulfatos.**

El ion sulfato (SO_4), corresponde a sales de moderadamente solubles a muy solubles. Las aguas dulces contienen entre 2 y 250 ppm y el agua de mar alrededor de 3.000 ppm. Recordemos, como ya hemos dicho, que el agua pura se satura de SO_4Ca a unas 1.500 ppm, lo que ocurre es que la presencia de otras sales de calcio aumenta la solubilidad. En cantidades bajas no perjudica seriamente al agua, pero algunos centenares de ppm pueden perjudicar seriamente la resistencia del hormigón (Nishikiten, 2013).

- **Grasas y aceites.**

Las grasas y aceites que son arrojadas a las aguas residuales o los efluentes tratados pueden crear películas en la superficie y depósitos de borde de playa que llevan a la degradación del ambiente. Es útil conocer la concentración de grasas y aceites contenida en las aguas contaminadas, para decidir el tipo de diseño de sistemas de tratamiento, ya que si se presentan en cantidades excesivas, pueden interferir con los procesos biológicos aerobios y anaerobios reduciendo la eficiencia del tratamiento de las aguas residuales.

En la determinación de aceites y grasas no se mide una cantidad absoluta de una sustancia específica, más bien se determinan cuantitativamente grupos de sustancias con características físicas similares sobre la base de su solubilidad común en un disolvente orgánico dado. Aceite y grasa es cualquier material recuperado como sustancia soluble en un disolvente orgánico polar, incluyendo a otros materiales extraídos por el disolvente de una muestra acidificada (Rodríguez, 2013).

- **Compuestos orgánicos volátiles**

Los compuestos orgánicos volátiles (COVs) son un grupo de compuestos orgánicos de fácil vaporización. En condiciones atmosféricas, estos compuestos hierven por debajo de los 250°C. Diferentes estudios han mostrado que una exposición prolongada a estos COVs puede aumentar el riesgo enfermedades, incluido el cáncer. Los COVs suelen estar presentes en gasolina, en solventes de limpieza en seco y en productos desengrasantes. Debido a un almacenaje inadecuado, a una disposición incorrecta o simplemente a derrames, estos químicos peligrosos pueden llegar a contaminar el agua potable (Notijenck, 2014).

- **Alcalinidad.**

La alcalinidad es una medida de neutralizar ácidos. Contribuyen, principalmente, a la alcalinidad de una solución acuosa los iones bicarbonato (CO_3H), carbonato (CO_3), y oxidrilo (OH), pero también los fosfatos, ácido silícico u otros ácidos de carácter débil. Su presencia en el agua puede producir CO_2 en el vapor de calderas que es muy corrosivo y también puede producir espumas, arrastre de sólidos con el vapor de calderas, etc. Se mide en las mismas unidades que la dureza. Se corrige por descarbonatación con cal, tratamiento ácido o desmineralización por intercambio iónico (Nishikiten, 2013).

2.3.1.3.2. Parámetros Microbiológicos.

- **Bacterias.**

Las bacterias son organismos unicelulares móviles o inmóviles de formas diversas (cocos, bacilos y espirilos), de tamaño y modo de vida diferentes según la especie y el medio. Las que se encuentran con mayor frecuencia en el agua son las bacterias entéricas, que colonizan el tracto gastrointestinal del hombre y son eliminadas a través de la materia fecal. Cuando se introducen en el agua, las condiciones ambientales son muy diferentes y por consiguiente su capacidad de reproducirse y de sobrevivir se torna limitada. Las bacterias del agua se pueden clasificar según las características del medio que habitan y por la forma de obtener los alimentos (nutrición). Las aguas naturales contaminadas presentan

microorganismos patógenos en forma intermitente y en bajas cantidades (Cartagena (s.f)).

- **Coliformes**

Los coliformes son bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo a los humanos. Cada persona evacúa alrededor de 100.000 a 400.000 millones de coliformes por gramo de heces. Durante varios años y en la actualidad, se considera a los coliformes fecales como organismos indicadores de bacterias patógenas. Aunque nuevos estudios están demostrando que los coliformes no reflejan la presencia de bacterias patógenas, por lo que se sugiere buscar otros organismos que sean mejores indicadores de la presencia de estos patógenos (Cartagena (s.f)).

- **Coliformes totales.**

Que son bacterias aerobias y anaerobias facultativas no esporulados. La capacidad de reproducción de estos bacilos, fuera de los intestinos de los animales homeotérmicos (de sangre caliente), es favorecida por las condiciones adecuadas de temperatura, materia orgánica, pH, y humedad. También se pueden reproducir en las biopelículas que se forman en las tuberías de distribución de agua potable (Cartagena (s.f)).

- **Coliformes fecales.**

Constituyen un subgrupo de los coliformes totales, son de tipo bastoncitos de 0.0002-0.0003 mm por 0.002 a 0.003 mm, son aerobios/anaerobios facultativos no esporulados. Se diferencian de los coliformes totales por ser tolerantes a temperaturas elevadas (creciendo a 44,5 °C), lo que les permite estar mejor adaptados a la vida al interior del animal (Cartagena (s.f)).

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

Son bacterias en forma de varillas (Coliformes) encontradas en el intestino de seres humanos y animales de sangre caliente. Pueden multiplicarse a temperaturas por encima de 44°C y fermentar la lactosa, el azúcar y por eso también se conocen

como “Coliformes termotolerantes”. Cuando estas bacterias se encuentran en el agua, indica fuertemente que el agua estaba contaminada con heces fecales (caca) o aguas servidas (aguas negras) (Aire Libre.Cl, 2016).

2.3.2. Fases de Tratamiento para tratar el agua residual.

Los sistemas de tratamiento para aguas residuales se diseñan con la finalidad de remover sólidos suspendidos, DBO, microorganismos patógenos, nitrógeno, fósforo, sustancias orgánicas (detergentes, fenoles y pesticidas), trazas de metales pesados y sustancias inorgánicas disueltas. (4) La capacidad y la eficiencia del sistema de tratamiento a aplicar esta en función de su diseño. La selección de un proceso de tratamiento está en base a un estudio individual de cada proyecto, de acuerdo a las eficiencias de remoción requeridas y el presupuesto destinado para las posibles soluciones técnicas (Lòpez, 2013). (Ver Figura 14).

- **1º. Fase de Pretratamiento.**

El Pretratamiento se realiza por medio de procesos físicos y/o mecánicos dispuestos convencionalmente de modo que permitan la retención y remoción de materiales extraños presentes en el agua a tratar y eviten interferencias en los procesos de tratamiento posteriores (Lòpez, 2013).

- **Canal de llegada**

El canal es una estructura abierta a la atmósfera destinada al transporte de fluidos. Está formado por diferentes dispositivos como: vertederos, compuertas, sifones, canaletas Marshall, y entre otros que permiten el control del caudal y el nivel del agua que está transportando. Los canales pueden ser de dos tipos:

- **Canales Naturales:** existen de una manera natural en la tierra como por ejemplo: arroyos, arroyuelos, ríos, estuarios de mareas, entre otros.

- **Canales Artificiales:** son construidos sobre el suelo mediante esfuerzo humano. Pueden ser revestidos con roca, concreto, madera y materiales bituminosos.

- **2°.- Tratamiento Primario.**

El Tratamiento primario es el sistema más sencillo en el tratamiento de aguas. Tiene la función de preparar el agua a tratar limpiándola de todas aquellas partículas que por sus dimensiones pueden llegar a alterar los demás procesos consecuentes. Generalmente el tratamiento primario remueve alrededor del 60% de sólidos suspendidos y entre el 30 a 40% de DBO (López, 2013).

Sedimentación: La sedimentación, conocida también como decantación, es el proceso mediante el cual los sólidos en suspensión de un fluido se separan del mismo por acción de la gravedad. La remoción de éstos materiales se logra reduciendo la velocidad del agua para que de esta manera las partículas en suspensión se depositen en un determinado tiempo de retención. Este fenómeno se produce en los decantadores. El decantador es un tanque de sección rectangular o circular, cuyo fondo muchas veces está inclinado hacia uno o más puntos de descarga (López, 2013).

- **3°.- Tratamiento Secundario.**

El tratamiento secundario pretende la reducción de la contaminación orgánica, la coagulación y la eliminación de sólidos coloidales que son no decantables. Varios de estos tratamientos son procesos biológicos que se realizan con la ayuda de microorganismos, especialmente bacterias, y que en condiciones aerobias actúan sobre la materia orgánica presente en el agua a tratar. En este proceso también se emplea la combinación de procesos físicos y químicos (López, 2013).

La Filtración del agua: La filtración se define como la velocidad de pasaje del agua a través de un medio filtrante o manto poroso, que se mide como la carga superficial en $m^3/m^2/h$. El objetivo de la filtración es el de separar del agua que está siendo tratada las partículas y microorganismos objetables que no han sido retenidos en los procesos de tratamiento anteriores, por lo que los filtros dependen en su mayoría de dichos procesos. Básicamente los fenómenos que se producen durante la filtración son: La acción mecánica de filtrar (López, 2013).

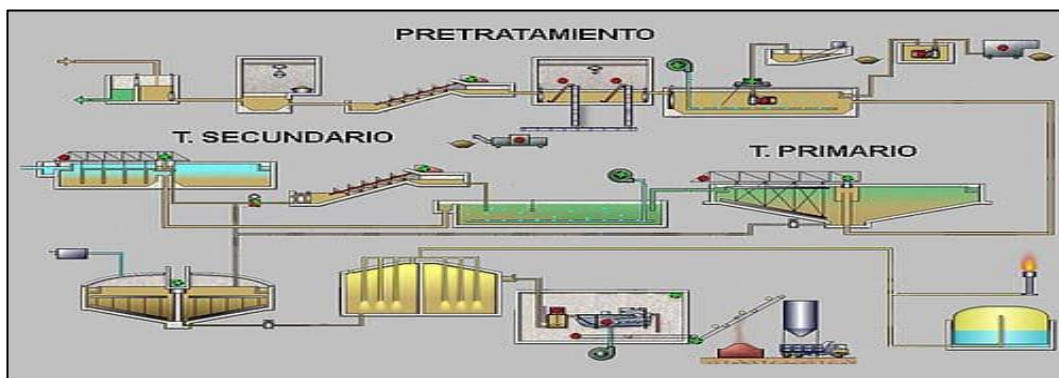


Figura 14: Fases de tratamiento de agua residual.

Fuente: Tratamientos de aguas residuales .S.A., 2014.

2.3. Marco legal.

• 2.3.1. Ley de la Constitución del Ecuador

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Art. 209. De la calidad del agua.

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

Toda actividad antrópica deberá realizar las acciones preventivas necesarias para no alterar y asegurar la calidad y cantidad de agua de las cuencas hídricas, la alteración de la composición físico-química y biológica de fuentes de agua por efecto de descargas y vertidos líquidos o disposición de desechos en general u otras

acciones negativas sobre sus componentes, conllevará las sanciones que correspondan a cada caso.

Art. 210. Prohibición.

De conformidad con la normativa legal vigente:

a) Se prohíbe la utilización de agua de cualquier fuente, incluida las subterráneas, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados.

b) Se prohíbe la descarga y vertido que sobrepase los límites permisibles o criterios de calidad correspondientes establecidos en este Libro, en las normas técnicas o anexos de aplicación.

c) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, en quebradas secas o nacimientos de cuerpos hídricos u ojos de agua.

d) Se prohíbe la descarga y vertidos de aguas servidas o industriales, sobre cuerpos hídricos, cuyo caudal mínimo anual no esté en capacidad de soportar la descarga; es decir que, sobrepase la capacidad de carga del cuerpo hídrico.

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

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

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

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

Libro VI Anexo#1

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

2.3.3.1. Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado proveniente 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. Las descargas tratadas deben cumplir con los valores establecidos en la Tabla 9 del Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria (TULAS).

2.3.3.2. Las descargas líquidas provenientes de sistemas de potabilización de agua no deberán disponerse en sistemas de alcantarillado, a menos que exista capacidad de recepción en la planta de tratamiento de aguas residuales, ya sea en funcionamiento o proyectadas en los planes maestros o programas de control de la contaminación, en implementación. En cuyo caso se deberá contar con la autorización de la Autoridad Ambiental Nacional o la Autoridad Ambiental competente que corresponda.

2.3.3.3. Cuando los sujetos de control, aun cumpliendo con las normas de descarga, contribuyan con una concentración que afecte a la planta de tratamiento, la Entidad Prestadora de Servicio podrá exigirles valores más restrictivos en la descarga, previo a los estudios técnicos que deberán realizar para justificar esta decisión.

2.3.3.4. Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado sanitario, combinado o pluvial cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa (TULAS, 2017).

Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:

- a) Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados) (TULAS, 2017).
- b) Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.
- c) Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse.
- d) Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, aceites minerales usados, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis.
- e) Cianuro, ácido hidrazoico y sus sales, carburos que forman acetileno y sustancias tóxicas (TULAS, 2017).

2.3.3.5. La EPS podrá solicitar a la Entidad Ambiental de Control, la autorización necesaria para que los regulados, de manera parcial o total descarguen al sistema de alcantarillado efluentes, cuya calidad se encuentre por encima de los estándares para descarga a un sistema de alcantarillado, establecidos en la presente norma. La EPS deberá cumplir con los parámetros de descarga hacia un cuerpo de agua, establecidos en esta Norma.

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

Tabla 2:

Límites de descarga al sistema de alcantarillado público según normas TULAS

Límites de descarga al sistema de alcantarillado público			
Parámetros	Expresado como	Unid ad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Solubles en hexano	mg/l	70
Explosivas o inflamables.	Sustancias	mg/l	Cero
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	1
Cinc	Zn	mg/l	10
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo	mg/l	0,1
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Cromo Hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	250

Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Hierro total	F e	mg/l	25
Manganeso total	Mn	mg/l	10
Mercurio (total)	Mn	mg/l	0,01
Níquel	N i	mg/l	2
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	60
Organofosforados	Especies Totales	mg/l	0,1
Plata	A g	mg/l	0,5
Plomo	P b	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	p H		6 a 9
Selenio	S e	mg/l	0,5
Sólidos Sedimentables		mg/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600,0
Sulfatos	SO ₄ - 2	mg/l	400
Sulfuro	S	mg/l	1
Temperatura	oC		< 40,0
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	2
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1

Fuente: (VI TULAS, 2015).

- **2.3.4. Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce**

2.3.4.1. 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 Competente.

2.3.4.2. 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

2.3.4.3. 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.

2.3.4.4. 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.

2.3.4.5 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.

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

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

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

Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce			
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sust. solubles en hexano	mg/l	30
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2
Boro Total	B	mg/l	2
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	10000
Color real 1	Color real	unidades de color	Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr+ 6	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5
Fluoruros	F	mg/l	5

Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	2
Materia flotante	Visibles	mg/l	Ausencia
Mercurio total	H g	mg/l	0,005
Níquel	N i	mg/l	2
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	P b	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6a 9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	130
Sólidos totales	ST	mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ - 2	mg/l	1000
Sulfuros	S - 2	mg/l	0,5
Temperatura	oC		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1

Fuente: (VI TULAS, 2015).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

3.1. Metodología

Se denomina el conjunto de procedimientos y técnicas que se aplican de manera ordenada y sistemática en la realización de un estudio. En un proceso de investigación, la metodología es una de las etapas en que se divide la realización de un trabajo. En ella, el investigador o los investigadores deciden el conjunto de técnicas y métodos que emplearán para llevar a cabo las tareas vinculadas a la investigación. De esta manera, la metodología de investigación elegida es la que va a determinar la manera en que el investigador recaba, ordena y analiza los datos obtenidos (Significados, 2018).

La función de la metodología de la investigación es otorgarle validez y rigor científico a los resultados obtenidos en el proceso de estudio y análisis.

Asimismo, como metodología de la investigación se denomina la parte de un proyecto en que son expuestos y descritos los criterios adoptados en la elección de la metodología de trabajo y las razones por las cuales se considera que dichos procedimientos son los más pertinentes para abordar el objeto de estudio, etc (Significados, 2018).

3.2. Tipo de metodología de investigación.

- **3.2.1. Investigación Experimental.**

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

La implementación de un reactor anaeróbico secuencial para tratar agua residual doméstica, se lo puede considerar un trabajo experimental científico con un fin ambientalista, ya que se requiere un trabajo preciso para su elaboración del objeto. Se realiza un orden para comprobar los resultados obtenidos en el experimento para poder obtener los objetivos o los resultados para las preguntas planteadas en la investigación. Es la investigación más apropiada para investigar relaciones de causa-efecto pero a la vez tiene sus desventajas ya que al realizar los experimentos pueden actuar diferentes en sus aplicaciones (Slide Share, 2013).

- **Ventajas**

El método experimental es favorable ya que permite observar la conducta en condiciones más objetivas y precisas, esta conducta puede ser repetida en circunstancias similares; el manejo de las variables es lo que permite determinar cuál es la variable específica que modifica la conducta; sin embargo, reduce la espontaneidad de la conducta del sujeto, porque se trabaja en situaciones artificiales, aparte de esto, también existen problemas que no pueden ser sometidos a experimentación, y en otros, se limitan por su carácter ético (Lizerinde, 2014).

- **Objetivos**

El objetivo del proceso de investigación respecto al proyecto realizado, es analizar los distintos criterios planteados previos a la ejecución del mismo, entre esos están el porcentaje de remoción de concentración de DBO de entrada (procedente de planta piloto), análisis de variaciones de volúmenes y alturas, con el fin de determinar cuáles fueron los procesos con mayor eficacia de las pruebas establecidas.

Se tiene que señalar que es lo que se tiene pensado realizar, cuál será la forma de evaluación del usuario hacia dicho objeto y que tipo de medidas tomará. El experimentador, o sea el usuario, debe tomar en cuenta toda bibliografía existente ya que estas serán mencionadas cuando se mencione información de otras fuentes o libros, ya que tomara en cuenta el equipo disponible que se utilizará y el tiempo disponible (Slide Share, 2013).

3.3. Enfoque de la investigación.

- **3.3.1. Enfoque Cuantitativo.**

El enfoque de tipo “Cuantitativo” plantea un problema de estudio delimitado y concreto. Una vez planteado el problema de estudio delimitado y concreto, sobre la base de la revisión de la literatura construye un marco teórico, de allí esta teoría deriva hipótesis. Somete a prueba las hipótesis mediante el empleo de los diseños de investigación apropiados. Si los resultados corroboran las hipótesis o son congruentes con estas, se aporta evidencia en su favor. Para obtener tales resultados el investigador recolecta datos numéricos de los objetos fenómenos o participantes, que estudia y analiza mediante procedimientos estadísticos.

Relacionando el enfoque cuantitativo con el proyecto de investigación, se planteó un tema el cual es “Remoción de la demanda bioquímica de oxígeno mediante un reactor anaeróbico secuencial tratando agua residual doméstica, en base a una problemática de actualidad debido a las innumerables descargas a cuerpos receptores de agua dulce donde se necesita bajar considerablemente las concentraciones de parámetros presentes en agua residuales para no afectar el medio ambiente, en este caso solo se enfocó en el DBO. También se planteó una hipótesis que fue corroborada al finalizar los procesos establecidos de remoción de DBO, es decir que las variables dependiente e independiente que consolidan la hipótesis se cumplió. .

Se ha señalado que la perspectiva cuantitativa tiene un fuerte contenido matemático y estadístico, así como un rigor en cuanto a sus estructuras. De lo anterior se puede considerar que los diseños experimentales y cuasiexperimentales, la investigación por encuesta, los cuestionarios estandarizados, los registros estructurados de observación, las técnicas estadísticas de análisis de datos, etc (Claseshistoria, 2013).

- **3.3.2. Enfoque Cualitativo.**

La investigación de tipo cualitativo se utiliza variedad de instrumentos para recoger información como las entrevistas, imágenes, observaciones, historias de vida en las que se describen las rutinas y las situaciones problemáticas. Las ciencias humanas implicadas siempre en la comprensión e intervención de la realidad en que viven las personas y sus comunidades están obligada a conocer exhaustivamente el

contexto, por lo que analistas e investigadores sociales para poder captar los significados profundos únicamente podrán hacerlo desde dentro de las comunidades o grupos sociales implicados en la investigación.

Relacionando el enfoque cualitativo con el proyecto de investigación, se utilizó imágenes y reseñas de trabajos anteriores parecidos a este, donde se usó estos datos para realizar mejoras en el proyecto de investigación como el mejor mezclado para obtener buenos resultados de remoción, imágenes e ilustraciones para un mejor entendimiento del tema.

Son muy variados y distintos las concepciones de la investigación de enfoque cualitativo, pero la característica que tienen todas en común es el compromiso con una aproximación naturalista e interpretativa de la realidad que están estudiando, pero enrutarse en este proceso según INIQUEZ (1999) implica tomar cambio de aptitud en las siguientes opciones (Osbaldo Mesias).

- Cambio en sensibilidad investigadora.
- Investigación guiada teóricamente.
- Participación de los implicados.

3.4. Técnicas de la investigación.

Para realizar este proyecto de investigación de reactor anaeróbico secuencia para remover DBO tratando agua residual doméstica, se consideró antecedentes de un proyecto de tesis con similitudes solo con la diferencial que el anterior fue de tipo aeróbico y removiendo DQO, esto fue de gran utilidad para corregir y mejorar ciertos aspectos para que el trabajo actual tenga mejores resultados que el trabajo en mención, también se recurrió a otras investigaciones relacionadas a este tema.

Efectuar una investigación requiere, como ya se ha mencionado, de una selección adecuada del tema objeto del estudio, de un buen planteamiento de la problemática a solucionar y de la definición del método científico que se utilizará para llevar a cabo dicha investigación. Aunado a esto se requiere de técnicas y herramientas que auxilien al investigador a la realización de su estudio. Las técnicas son de hecho, recursos o procedimientos de los que se vale el investigador para acercarse a los hechos y acceder a su conocimiento ((s.f.), Manuel Ruiz Medina).

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

- La investigación documental.
- La investigación de campo.

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

Investigación de campo: La investigación de campo es la que se realiza directamente en el medio donde se presenta el fenómeno de estudio. Entre las herramientas de apoyo para este tipo de investigación se encuentran: el cuestionario, la entrevista, la encuesta, la observación, la experimentación (Técnicas de investigación (s.f)).

3.5. Implementación del Reactor anaeróbico secuencial en el laboratorio.

La elaboración del reactor anaeróbico secuencial tuvo una duración de un mes, debido a que se tomaron hasta los más mínimos detalles para que el proceso se efectúe de manera correcta. Lo primero es determinar el lugar donde se lo hará, para ello tomé en cuenta el laboratorio de bloques de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte.

La intención es implementarlo en este lugar ya que quedará para futuros trabajos y proyectos donde se haga el uso de un reactor sea de tipo aeróbico o anaeróbico. Antes de su implementación se habilitó una conexión de 110 v para el motor y que sea apartado de lugares transitados por las personas debido a los olores que serán producidos por los procesos elaborados en el mismo.

Se procuró que el proceso anaeróbico conlleve el uso de agua residual y hay que tener cuidado con esto, debido que puede causar problemas en nuestra salud si no se usan las debidas protecciones al momento de trabajar. El reactor secuencial es una buena alternativa para realizar trabajos con aguas residuales y así analizar algunos parámetros, pero en este caso solo se va a enfocar en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

El reactor anaeróbico secuencial es una alternativa para complementarse a una planta de lodos activados, ya que no solamente se puede remover algunos parámetros del agua residual doméstica, sino que la extracción de agua después del procedimiento, es decir el agua tratada es fácil de extraerla y así llevarla al laboratorio para examinarla y deducir los resultados de remoción.

3.5.1. Reservorio (planta piloto) y conductores del agua residual doméstica.

Para empezar, se consideró un tanque de PVC de 1.03 m de altura por 0.55 m de diámetro, que sirva de reservorio para el agua residual doméstica y se elevó a 1.37 metros del suelo utilizando soportes metálicos resistentes y bien empotrados para que resista los volúmenes de agua vertidos en el tanque. (Ver Ilustración 1).



Ilustración 1: Tanque reservorio "Planta piloto"
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

Posteriormente se realizó una perforación de una pulgada para la salida del agua del tanque, después se procedió a colocar un acople de la medida del agujero de plástico, para después seguir colocando los otros accesorios para conducir el agua residual doméstica hacia el reactor. (Ver Ilustración 2).



Ilustración 2: Acople de 1 pulgada de PVC.
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018)

Después del acople se colocó una llave de paso de PVC de una pulgada, que es muy importante ya que será la encargada de detener y, darle paso al agua que se va a dirigir hacia el reactor, enroscandola de la manera adecuada y colocándole teflón para ningún tipo de fuga. (Ver Ilustración 3)



Ilustración 3: Llave de paso de 1 pulgada de PVC
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

Posteriormente se conectó a la llave de paso un neplo de una pulgada de diámetro y de 15 cm de largo que va conectado mediante una unión universal de PVC con otro tubo del mismo diámetro pero de 1.3 metros de largo que conducirá el agua hacia el reactor. (Ver Ilustración 4). La importancia de la unión universal, es que si acontece una obstrucción en los tubos da facilidad para quitarlos y volverlos a colocar al ser de doble rosca.



Ilustración 4: Tubos y unión universal de 1 pulgada
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

Para terminar la parte de conducción del agua residual doméstica hacia el reactor, se colocó un codo reductor de PVC de una pulgada reducido a $\frac{3}{4}$ pulgadas. (Ver Ilustración 5). Después a este codo se conectó un acople enroscable para manguera de $\frac{3}{4}$ pulgadas, esta manguera será la que vierta el agua residual en el reactor y por ello se buscó una con gran flexibilidad para que tenga facilidad para entrar y salir en el orificio del reactor destinado para el vertido del agua residual.



Ilustración 5: Codo reductor de 1 pulgada a $\frac{3}{4}$ "
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018)

3.5.2. Elaboración del reactor anaeróbico secuencial

Lo primero y primordial para el reactor es el motor, este debe ser de poca potencia ya que el proceso debe ser con un movimiento adecuado, para ello se implementó un motor de un hp de potencia, y a este se le hizo un rebobinamiento reduciéndole un poco la potencia y así conseguir la velocidad adecuada para el proceso. (Ver Ilustración 6). Este motor es empleado para lavadoras de poca potencia de centrifugado y fue ideal para el reactor tomando en cuenta estos reajustes. Y por último se le implementó a la bobina del motor una varilla de hierro galvanizado de 5 cm.



Ilustración 6: Motor de 1 HP de potencia
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018)

Posteriormente se implementaron tres poleas de hierro galvanizado, una pequeña que va conectada con el motor, la segunda más grande que conecta la polea uno con la polea tres, y la tercera polea amarrada con la varilla de hierro. Están conectadas por dos bandas que son normalmente usadas en máquinas de coser. (Ver Ilustración 7). Las poleas son apretadas con llave L de 5 mm y se engrasaron todos los orificios que tenían que ver con el sistema de poleas, y de esta manera que no exista ningún inconveniente en el giro de la etapa de mezclado.



Ilustración 7: Sistema de poleas v bandas
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

Después se ejecutó la colocación de la varilla de hierro galvanizado de 8mm de diámetro que va sujeta a la polea tres por medio de un pasador y una pequeña tuerca, y a esta se soldaron tres aletas de lata metálica para realizar el correcto mezclado. (Ver Ilustración 8). La varilla usada fue muy lisa para que tenga un correcto giro, y

las aletas fueron de un tamaño de ocho centímetros por tres centímetros, estas son indispensables para que al momento de la etapa de reacción haya un adecuado mezclado.

Por último, se soldaron platinas desde la pared para sostener el motor, hay que tomar en cuenta que el mezclado es por un tiempo prolongado lo que puede ocasionar que el motor y las poleas se desestabilicen y de esta manera otorgar estabilidad a todo el sistema, el motor se lo ubicó 0.50 metros arriba de la tapa del tubo acrílico ya que éste debe estar cerrado debido a que en el proceso anaeróbico no debe haber la presencia de oxígeno. (Ver Ilustración 9).



Ilustración 8: Varilla de hierro galvanizado y aletas.

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018)



Ilustración 9: Soportes de hierro y platinas para estabilidad.

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018)

Después se enfocó en la elaboración del tubo acrílico donde el agua residual doméstica se mantendrá para su mezclado, se usaron las siguientes medidas: 1.2 metros de altura y 0.15 metros de diámetro, con el fin de obtener la siguiente relación: altura /diámetro igual o mayor a 5.

$$H / d = 1.20 / 0.15 = 8$$

El tubo de material acrílico debe estar bien sellado y sin fugas en sus paredes y base, al ser destinado para el proceso anaeróbico debe contar con una tapa superior que puede sacarse e introducir, pero va a estar con dos pequeños orificios, el primero de $\frac{3}{4}$ pulgadas para introducir las mangueras de entrada de agua y que al mismo tiempo sirve para la manguera de salida de gases y un orificio de 12 mm para introducir la varilla de hierro galvanizado explicada anteriormente para la remoción.(Ver Ilustración 10)



Ilustración 10: Tubo acrílico de 1.20 m por 0.15 m

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018)

A este tubo acrílico se le añadió una llave de media pulgada que está ubicada a un metro desde la base del mismo, la función de esta es en el momento que terminan las tres etapas primeras del procedimiento (llenado, reacción y sedimentación), se abre esta llave para extraer el agua después del mezclado y es lo que se conoce como la fase de vaciado, después se lo lleva al análisis respectivo. (Ver Ilustración 11)



Ilustración 11: Llave de media pulgada para toma de muestras

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

También al tubo se le adicionó un acople de media pulgada con una llave de media en la parte inferior que sirvió para evacuar el agua al terminar todo el proceso. (Ver Ilustración 12).



Ilustración 12: Llave y acople de 1/2 pulgada para la evacuación del AA.SS

Elaborado por: Ramos Medina, W. (2018).

Para apoyar el tubo acrílico y que permanezca de manera estable y recta, se elaboró una base metálica donde se colocó el mismo para que no sufra de movimientos bruscos durante la mezcla, se soldó una circunferencia de dieciséis centímetros dejando uno libre para poder colocarlo y sacarlo sin dificultad. (Ver Ilustración 13)



Ilustración 13: Base para colocar el tubo acrílico
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

Este proceso anaeróbico va a producir olores , es por ello que se implementó un quemador de gases y para ello se introduce una manguera de $\frac{3}{4}$ pulgadas a un centímetro del nivel del espejo de agua en el tubo acrílico (Ver Ilustración 14). A través de la manguera los olores y gases puedan dirigirse hacia el quemador, y se pueda comprobar que el proceso se efectuó de la manera correcta.



Ilustración 14: Manguera de $\frac{3}{4}$ para expulsión de olores.
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018)

El quemador de gases y olores fue elaborado a base de hierro galvanizado, varillas cuadradas de 12 mm y latas para darle resistencia a la interperie. (Ver ilustración 15). La parte cilíndrica es de 0.7 metros de altura por cinco centímetros de diámetro, se le implementó un cono superior para que los olores y gases se ensierren .Para su estabilidad se le elaboró tres apoyos de 0.4 m como un tripode para movilizarlo sin dificultad y un orificio de $\frac{3}{4}$ pulgadas donde va conectada la manguera que sale desde el reactor anaeróbico secuencial.

Este tipo de quemador es usado desde hace algún tiempo para la extracción de gases ,y de esta manera usarlo para diferentes usos como fuente de electricidad, para el funcionamiento de motores a vapor, para las turbinas que trabajan a gas y para usos domésticos y es principal componente de hidrógeno, metanol, ácido acético y anhídrido acético.



Ilustración 15: Quemador de gas metano
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

Para completar el reactor se implementaron tres filtros elaborados por tubos de PVC, cada filtro se conformó por tres tubos, unidos por un perno y una tuerca para que estén fijos y conectados, también se le hizo muchos orificios y sinnúmero de rayas de manera vertical para la correcta adherencia de los flóculos. (Ver ilustración 16). La función del filtro es que después del proceso de reacción (mezclado), se lo inserte para que las bacterias se adhieran al mismo y así tener buenos resultados al momento del vaciado. Son en total 3 filtros de altura de 0.60 m, 0.80 m y 1 m, conformados cada uno por 3 tubos de 1 pulgada, 1 y media pulgada y 2 pulgadas. (Ver Ilustración 17).



Ilustración 16: Filtros de PVC de 1 m, 0.8 m, 0.6 m para etapa de sedimentación
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018)



Ilustración 17: Tubos para filtros antes de unirlos
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

De esta manera se construyó e implementó el Reactor Anaeróbico Secuencial para tratar agua residual doméstica con todos sus elementos necesarios para el adecuado proceso anaeróbico.(Ver ilustración 18)



Ilustración 18: Reactor anaeróbico secuencial para tratar agua residual doméstica
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018)

- **3.5.3. Obtención y vertido del agua residual domestica**

El agua residual doméstica fue obtenida de la Planta de de tratamiento de agua residual (PTAR) de lodos activados de la urbanización Laguna del Sol ubicada en el km 8 via a Samborondòn , para ello hubo que tomar en cuenta los implementos de seguridad y equipos de proteccion para la extracción del agua, usando guantes, mascarillas ,cabos , baldes, tanque, pomas plasticas y una malla para filtrar el liquido obtenido. El agua se la obtiene de la estacion de bombeo de la planta de lodos activados. (Ver ilustraciòn 19).



Ilustración 19: Estación de bombeo Urbanización Laguna del Sol KM 8 Vía a Samborondòn (Planta de tratamiento de lodos activos).

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018)

Mediante cálculos se determinó el volumen necesario de agua residual para llenar el tanque de PVC y para ello se utilizó un cabo con un balde para extraerla, ya que el agua residual estaba a 5 metros debajo del nivel de la superficie. Esta agua se la envasó en un tanque de PVC de 200 litros pero se le puso una malla o sernidera para que los sólidos que aparecen en la misma se queden en la malla y solamente sea envasada el agua libre de estas partículas que pueden dañar las tuberías y accesorios de pvc o el acrilico del reactor anaeròbico secuencial durante el proceso. (Ver ilustraciòn # 20)



Ilustración 20: Malla para impedir el paso de Sólidos

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018)

Este tanque donde se vertió el agua residual se le adaptó un acople en la parte inferior con una llave de media para que se haga más práctica la envasada en las pomas de 5 galones en las cual se va a transportar el agua hacia el laboratorio, en total se recolectaron 14 pomas de 5 galones de aguas servidas para llenar el reservorio de PVC del laboratorio.(Ver ilustración 21). Para hacer esto se debió usar guantes de caucho y una mascarilla especial para trabajar en plantas de tratamiento de agua residual usando ropa bien usada ya que esa sería desechada al terminar la extracción.(Ver Ilustración 22).



Ilustración 21: Llave para envasar el agua residual doméstica

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).



Ilustración 22: Vertido del agua para llevarla a planta piloto

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018)



Ilustración 23: Tanque de aireación de planta de tratamiento

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018)

Después se procedió a la extracción del agua servida del “Tanque de aireación”, en esta etapa se da el inicio a la producción de biomasa por medio del oxígeno. (Ver ilustración 23) En este tanque se puede presenciar el agua muy turbia debido a que ya se están formando los lodos y para extraer esta agua hay que ponerse una mascarilla especial y guantes de caucho. Se usó baldes y botellas plásticas para envasarla. (Ver ilustración 24). Cabe recalcar que para los seis procesos se necesitaron seis litros a ser extraídos diariamente ya que pasada las 24 horas esta empieza a perder sus propiedades y hay que tomar aquella agua en menos de ese tiempo para emplearlos en nuestro proceso de llenado. (Ver ilustración 25).



Ilustración 24: Envasado de agua residual de tanque de aireación
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018)



Ilustración 25: Extracción de agua del tanque de aireación
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

Y para finalizar el proceso de extracción y envasado del agua residual doméstica, se procedió a llevarla al laboratorio de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte, y posteriormente se empezó a envasar el agua en el tanque de PVC que será el reservorio del reactor, (Ver ilustración 26)



Ilustración 26: Vertido del agua residual doméstica a la planta piloto
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018)

3.5.4. Proceso de Remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) del agua residual doméstica mediante el Reactor Anaeróbico Secuencial.

Para proceder a realizar el proceso se hizo un día antes una prueba con agua potable para estar seguro que los componentes del reactor estén bien instalados y tomar apuntes de ciertos criterios que se deben tomar en cuenta como la abertura de la llave de paso para el llenado, las revoluciones por minuto y los tiempos que serán empleados en cada etapa del proceso. Cabe recalcar que son 4 etapas del proceso de remoción anaeróbica, que son la etapa de llenado, segundo la etapa de reacción o mezclado, tercero la etapa de sedimentación y por último la etapa de vaciado.

Se ejecutaron 6 procesos, cada uno por día. La etapa de llenado tendrá una duración de 15 minutos para altura de 1.05 metros y 19 minutos para la altura de 1.15 metros. La etapa de reacción tendrá una duración de 2 horas, no obstante, éstas serán divididas en 4 ciclos de 10 minutos cada uno y 20 minutos de descanso entre cada ciclo. La sedimentación tendrá una duración de 10 horas después del mezclado empleando el filtro de PVC correspondiente y después de las 10 horas viene la etapa de vaciado que es la toma de muestras, cuáles serán llevadas al laboratorio para determinar los resultados de la remoción de DBO_5 .

Un día antes también se dejó señalado las medidas de llenado ya que para la altura de 1.05 metros se usarán 12.5 litros de agua del reservorio proveniente de la estación de bombeo que son 0.69 metros del tubo acrílico y 6 litros de agua proveniente de la laguna de aireación (inóculo) de la planta de lodos activados que equivalen a 0.36 metros del tubo acrílico en total se emplearán 18.5 litros de agua residual para la altura de 1.05 metros.

Para la altura de 1.15 metros se usarán 14.5 litros de agua del reservorio proveniente de la estación de bombeo que equivale a 0.79 metros del tubo acrílico y 6 litros de agua proveniente de la laguna de aireación (Inóculo) que equivalen a 0.36 metros del tubo acrílico, en total se empleará 20.5 litros para la altura de 1.15 metros (Ver ilustración 27)

Cabe recalcar que los seis litros de inóculo se deben a que es el 30 % de las alturas establecidas, es decir sacando un promedio de alturas 1.05 y 1.15 son 19.5 litros de llenado cuyo 30% equivalen aproximadamente los seis litros, todo esto basado en estudios ya realizados respecto a remoción de AA.SS inoculado.



Ilustración 27: Medidas de niveles de llenado para ambas alturas

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

Para la etapa de llenado se percató que la llave de paso tenga la misma abertura para los 6 procesos para trabajar con el mismo caudal en los seis días, por ello se determinó abrir a 8 milímetros la llave de paso para que a la altura 1.05 su llenado sea 15 minutos y a los 1.15 sea de 19 minutos. (Ver ilustración 28)

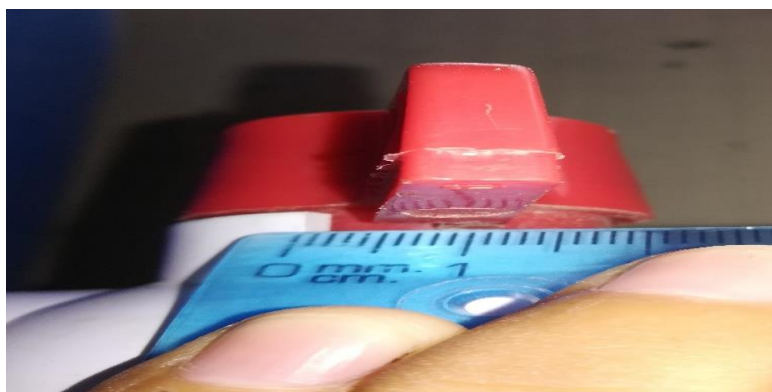


Ilustración 28: Abertura de llave a 8 mm para uso del mismo caudal

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018)

Primer proceso a la altura 1.05 metros (martes 27 de noviembre)

El primer proceso de remoción de DBO usando el reactor anaeróbico secuencial, se inició a las 07:50 am con la toma de la primera muestra donde el analista extrae la primera agua del tanque reservorio de PVC (Planta piloto), para saber cuál es el valor inicial de DBO y después compararlas con las otras seis muestras para determinar qué porcentaje de este parámetro se ha removido. (Ver ilustración 29)



Ilustración 29: Toma de la muestra de planta piloto
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018)

- **Etapa de llenado**

Se comenzó la etapa de llenado a las 08:00 am, abriendo la llave de paso a 8 milímetros y tomando en cuenta que la manguera de llenado este a 5 centímetros del fondo del recipiente. De esa manera se emplearon 13:30 minutos para llenar el acrílico hasta la marca correspondiente al agua del tanque del PVC (planta piloto). (Ver ilustración 30).

Posteriormente se empezó con el agua extraída de la laguna de aireación (inóculo), para ello se emplearon dos botellas de 3 litros para completar los 6 litros de esta agua residual, y se procedió a vertir hasta llegar a la marca de los 1.05 metros. (Ver ilustración 31). Claramente se notó como estas aguas de diferente turbiedad y coloración empiezan a mezclarse, después se quitó la manguera de llenado y en el mismo orificio se colocó la manguera de expulsión de olores y gases, de esta manera está todo listo para empezar la próxima etapa. (Ver ilustración 32).



Ilustración 30: Nivel de llenado de AA.SS de planta piloto
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).



Ilustración 31: Agua residual extraída de tanque de aireación (Inóculo)
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018)



Ilustración 32: Nivel de llenado de 1.05 m, del agua residual más inóculo
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

- **Etapa de Reacción.**

A las 08:30 am se empezó la etapa de reacción, que es donde se hace la mezcla del agua residual a una velocidad de 120 revoluciones por minuto, este proceso tiene una duración de dos horas, sin embargo, solo se harán cuatro ciclos de 10 minutos, dejando 20 minutos de descanso entre cada período para que los flóculos se degraden hacia el fondo del acrílico. Al terminar cada ciclo, se observó cómo los sólidos empezaban poco a poco a precipitarse al fondo del tubo hasta que se formaba el volumen de sedimento. (Ver ilustración 33).



Ilustración 33: Después del mezclado los Sólidos se empiezan a degradar hacia el fondo
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018)

Después de los cuatro ciclos se visualizó como el sedimento está al fondo pero aún quedan flóculos en el agua ,por ende esto le dará paso la próxima etapa donde todos estos sólidos restantes van a presipitarse hacia el fondo y adherirse al filtro de PVC.

- **Etapas de Sedimentación**

Después de la etapa de llenado se procedió a introducir el filtro correspondiente al primer día, es decir de un metro, para esto se tomó en cuenta el uso de guantes, se levantó cuidadosamente la tapa del acrílico y bajar poco a poco el filtro hasta llegar al fondo .El tubo de pvc quedó sumergido sobre el sedimento, con la finalidad que los sólidos que aún no se han asentado se adhieran al mismo y así ayudar al proceso.Se dejó el filtro por diez horas y se dió inicio al proceso de sedimentación. (Ver ilustración 34)

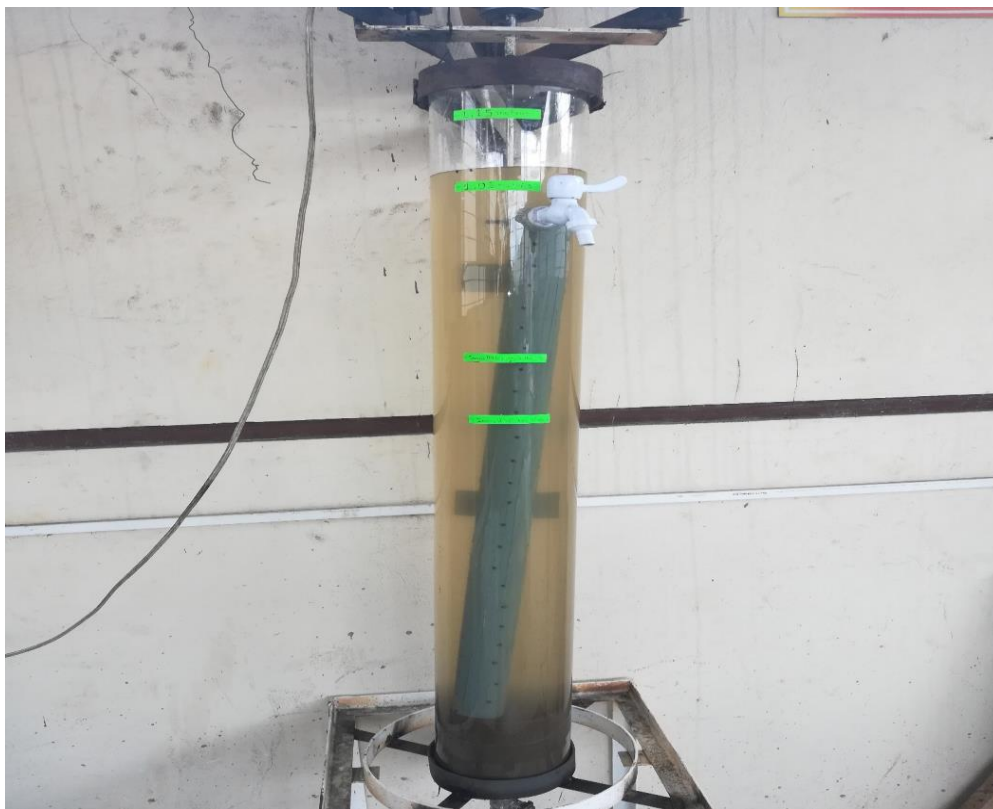


Ilustración 34: Etapa de sedimentación con filtro de 1m a la altura de 1.05m

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

- **Etapa de Vaciado**

Después de las diez horas de sedimentación, es decir a las 20:30 pm se procedió a tomar la muestra, para lo cual el analista toma el agua en el envase para llevarlo al laboratorio y determinar los resultados de remoción de DBO, a esto se le denomina etapa de vaciado. Al final del procedimiento se procedió a medir el sedimento dando como resultado 8 centímetros de sólidos que equivalen a 1.41 litros de sedimento al fondo del tubo (Ver ilustración 35).



Ilustración 35: Etapa de vaciado (toma de muestra)

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

Segundo proceso a la altura 1.05 metros (miércoles 28 de noviembre).

- **Etapa de Llenado**

El segundo proceso comenzó a las 08:00 am como estaba determinado e igual al primer proceso tuvo una duración de 15 minutos de duración, es decir 13:30 hasta la marca del agua proveniente del tanque y 1:30 minutos en el vertido de los seis litros del agua residual proveniente de la laguna de aireación, después se continuó con las siguientes etapas.

- **Etapa de Reacción**

A las 8:30 am empezó el proceso de mezclado como está determinado, cuatro ciclos de diez minutos de mezcla y veinte minutos de descanso entre cada período, al terminar las dos horas el sedimento toma forma en el fondo del acrílico y le dio paso a la próxima etapa. (Ver ilustración 36).

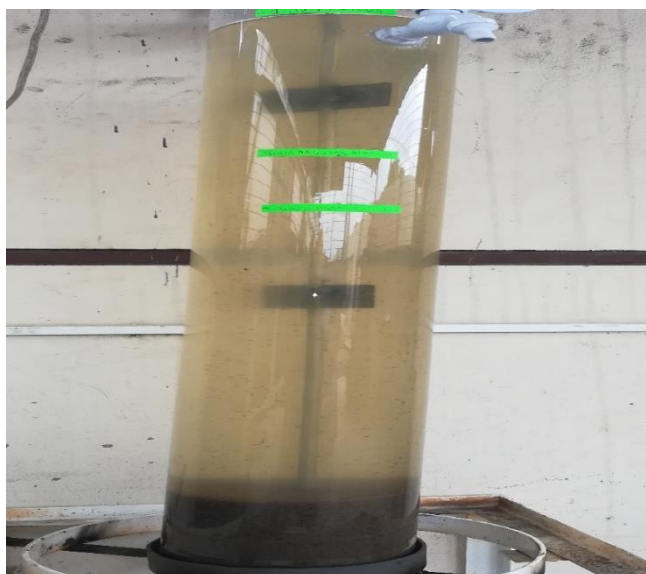


Ilustración 36: Después de dos horas de reacción el sedimento empieza a formarse

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

- **Etapa de Sedimentación**

Se procedió a introducir el filtro de 0.80 metro que es el determinado al segundo día a la altura de 1.05 de agua en el acrílico para darle inicio a esta etapa. Después de las diez horas de sedimentación se percató que los sólidos se han asentado más y el

volumen del mismo a reducirse un poco, al terminar esta etapa se notó que los flóculos que no se asentaron se adhirieron al filtro. (Ver ilustración 37).

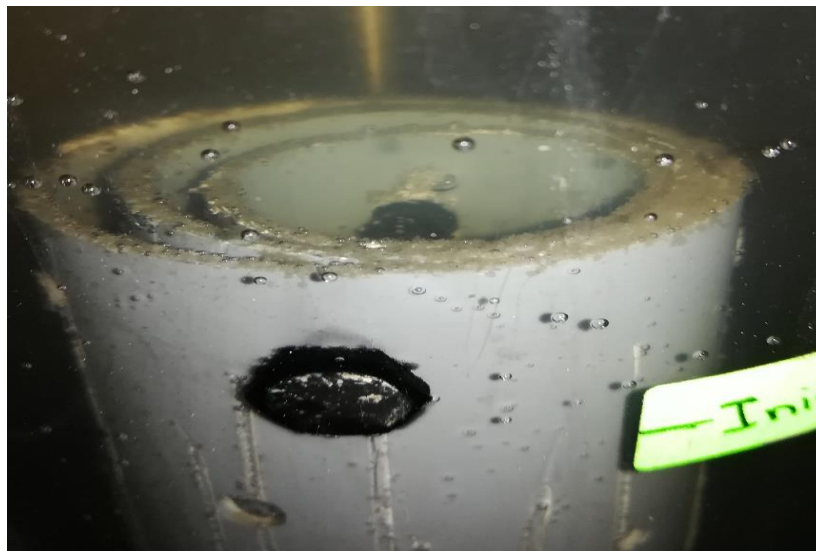


Ilustración 37: Los flóculos que no se asentaron se adhieren al filtro
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

- **Etapa de Vaciado**

Después de las diez horas se procedió a tomar la correspondiente muestra por parte del enviado por el laboratorio, donde se pudo ver que el agua estaba más clara respecto al caudal inicial. (Ver ilustración 38). También dio como resultados siete centímetros de sedimento que equivale a 1.24 litros de sólidos asentados en el fondo.



Ilustración 38: Toma de muestra al terminar el proceso
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

Tercer proceso a la altura de 1.05 metros (Jueves 29 noviembre).

- **Etapa de llenado**

El tercer proceso dio inicio con el llenado a las 08:00 am con la duración establecida, hasta llegar a la medida de 1.05 metros, el proceso es similar a los anteriores y de esta manera da paso a la siguiente etapa de reacción.

- **Etapa de reacción**

Se realizó el correspondiente mezclado por los cuatro ciclos de diez minutos con la misma revolución de las anteriores, cabe recalcar que hay que limpiar y engrasar el sistema de poleas y sus conectores para que haya un mezclado adecuado. Después de las dos horas se visualizó los flóculos asentándose poco a poco.

- **Etapa de sedimentación**

Se procedió a introducir el filtro de 0.6 metros en el tubo acrílico el cual corresponde al tercer día de ensayos, con mucho cuidado hasta el fondo sin que el sedimento sufra algún movimiento. De esta manera se dejó por las diez horas establecidas en esta etapa. (Ver ilustración 39).

- **Etapa de vaciado**

Después del periodo de sedimentación se procedió a tomar la muestra correspondiente, se pudo visualizar los sólidos adheridos al filtro de 0.60 metros, con esto los flóculos en todo el volumen de agua se asentaron y se nota el agua más clara con el caudal inicial. (Ver ilustración 40). El sedimento en el fondo fue de 5 centímetros equivalente a 0.88 litros de sólidos sumergidos al fondo del acrílico.



Ilustración 39: Filtro de 0.6 para etapa de sedimentación

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

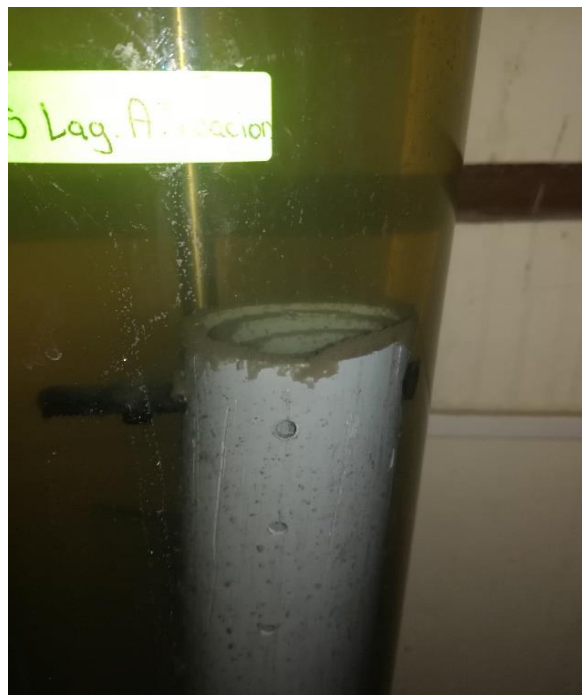


Ilustración 40: Flòculos adheridos al terminar las 10 horas
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

Cuarto proceso a la altura de 1.15 metros (viernes 30 noviembre).

- **Etapa de llenado**

Comenzó el cuarto proceso y el primero a la altura de 1.15, la etapa de llenado dio inicio a la hora predeterminada 08:00 am y tuvo una duración de 19 minutos, tomando en cuenta los mismos 8 milímetros de la abertura de la llave de paso para emplear el mismo caudal en todos los procesos, cabe recalcar que previamente se estableció las marcas de niveles de agua en el acrílico para ambas alturas. (Ver ilustración 41).



Ilustración 41: Etapa de llenado a la altura de 1.15 m
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

Etapa de reacción

A las 08:30 am comenzó la etapa de reacción o mezclado con los cuatro ciclos correspondientes de diez minutos y los veinte minutos de descanso, al pasar las dos horas se apreció los sólidos a asentarse poco a poco y de esta manera entras a la próxima etapa. (Ver ilustración 42).



Ilustración 42: Aspecto del agua después del mezclado

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

- **Etapa de sedimentación**

Se procedió a colocar el filtro de un metro para la altura de 1.15, con cuidado hasta que toque el fondo del acrílico. Posteriormente se dejó por diez horas para terminar el período de sedimentación. (Ver ilustración 43). Se pudo visualizar como los flóculos se adherieron al tubo y en los orificios del mismo y el sedimento asentado en el fondo y de esta manera el agua ganó claridad. (Ver ilustración 44)



Ilustración 43: Filtro de 1 metro para altura de 1.15 m

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).



Ilustración 44: Flóculos adheridos al filtro

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

- **Etapa de Vaciado**

Después de la etapa de sedimentación viene la extracción de la muestra o etapa de vaciado, a las 20:30 de la noche mediante el analista y así llevarlo al laboratorio para determinar sus resultados. Al terminar resultó cuatro centímetros de sedimento que equivalen a 0.71 litros de sólidos asentados al fondo del acrílico. (Ver ilustración 45).



Ilustración 45: Etapa de vaciado (toma de muestra)

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

Quinto proceso a la altura de 1.15 metros (lunes 3 diciembre).

- **Etapa de llenado.**

A las 08:00 am empezó el proceso de llenado al igual que las anteriores, con la duración de 19 minutos con el agua residual proveniente de la estación de bombeo y de la laguna de aireación. Posteriormente se sacó la manguera de llenado y se colocó la manguera de expulsión de olores y gases. (Ver ilustración 46).



Ilustración 46: Etapa de llenado para 1.15 metros.

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

- **Etapa de reacción**

A las 8:30 empezó la etapa de reacción o mezclado, con los cuatro ciclos de diez minutos por el período de dos horas, usando las mismas revoluciones que los procesos anteriores.

- **Etapa de sedimentación**

Se procedió a introducir el filtro de 0.80 metros en el tubo acrílico, de esta manera comenzó el proceso de sedimentación en el quinto día. Después se lo dejó por diez horas para que los sólidos disueltos se asienten y se efectúe un correcto proceso. (Ver ilustración 47)

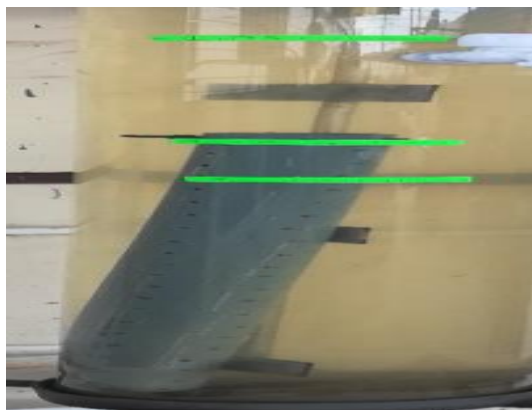


Ilustración 47: Filtro de 0.80 m etapa de sedimentación

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

- **Etapa de vaciado**

A las 20:30 se procedió a realizar la toma de muestra o etapa de vaciado, la persona encargada lo llevó al laboratorio para su análisis y determinar sus resultados. (Ver ilustración 48). Al terminar se midió el sedimento en el fondo del acrílico dando como resultado seis centímetros de sedimento equivalentes a 1.06 litros de sedimento.



Ilustración 48: Etapa de vaciado (toma de muestra)

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

Sexto proceso a la altura 1.15 metros (martes 4 de diciembre).

- **Etapa de llenado**

El último proceso inició a las 08:00 am con la etapa de llenado, con diecinueve minutos de duración y con el mismo caudal de entrada que los anteriores procedimientos. De esta manera se llegó a la medida indicada, es decir a los 1.15 metros.

- **Etapa de reacción**

A las 08:30 am empezó la etapa de reacción o mezclado, cuatro ciclos de diez minutos en el periodo de dos horas con veinte minutos de descanso, culminando a las 10:30 am y se observó cómo cada vez se asentaban más los flóculos. (Ver ilustración 49).

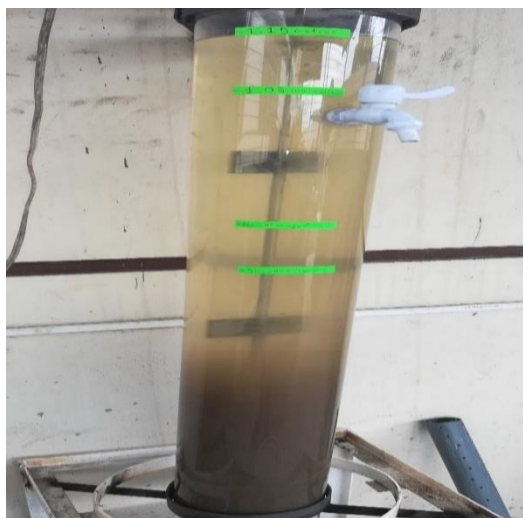


Ilustración 49: Estado del agua al terminar los cuatro ciclos de reacción

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

Etapa de sedimentación

Se colocó el filtro correspondiente, el cual fue de 0.60 metros en el interior del tubo acrílico, bajándolo cuidadosamente sin golpear el recipiente y por medio de un alambre se lo sumergió hasta el fondo llegando al sedimento y así empezó el proceso de sedimentación dejando por diez horas hasta que se asienten los sólidos. (Ver ilustración 50)



Ilustración 50: Filtro de 0.60 metros

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

Etapas de vaciado

Se pudo visualizar los flóculos adheridos al filtro de 0.60 metros después de las diez horas de sedimentación. (Ver ilustración 51). A las 20:30 se procedió a tomar la muestra por parte del encargado, para posteriormente llevarla al laboratorio. Resultaron cinco centímetros de sedimento al terminar el proceso que equivalen a 0.88 litros de sólidos asentados al fondo del tubo acrílico. (Ver ilustración 52)

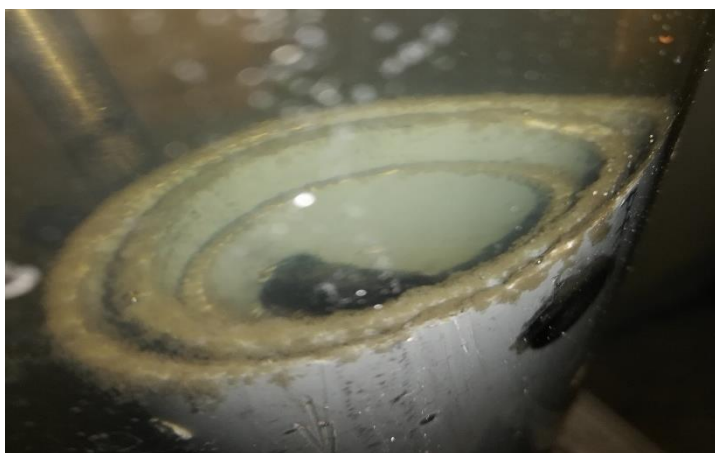


Ilustración 51: Flóculos adheridos al filtro al terminar las 10 horas de sedimentación.

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).



Ilustración 52: Volumen del sedimento al fondo del acrílico

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018)

Cabe recalcar que terminado cada proceso se dejó limpios y lavados los filtros y el acrílico ya que debe estar completamente limpio antes de empezar cada proceso. (Ver ilustración 53)



Ilustración 53: Limpieza de los equipos al terminar cada proceso

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

Se notó claramente como el agua después de haber sido tratada resultó más clara que el agua no tratada. El proceso de remoción aparte de reducir el porcentaje de la Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO), el agua resultante será más clara a comparación del agua de entrada al tanque de PVC. (Ver ilustración 54).



Ilustración 54: Comparación del agua residual de planta piloto con las aguas residuales tratadas

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

Al pasar los seis días de procesos se hicieron siete tomas de muestras, la primera fue la del tanque de PVC, es decir el agua no tratada y las seis restantes son después

de todo el proceso de remoción. La finalidad fue comparar el porcentaje de remoción de las seis muestras con respecto a la primera que se tomó del agua no tratada.

La implementación de un reactor anaeróbico secuencial es muy práctico para tratar agua residual y determinar la remoción de los distintos parámetros de este tipo de aguas, de esta manera se dio finalizado los seis días de procesos a la espera de los resultados de las muestras establecidas. A continuación, se expone la siguiente tabla de los seis procesos de remoción de DBO resumidos para la obtención de las siete muestras. (Ver Tabla 4).

Tabla 4:

Procesos de Remoción de DBO mediante un Reactor Anaeróbico Secuencial.

Días de Ejecución	Tiempo de llenado	Tiempo de reacción	Tiempo de sedimentación	Altura de lámina de agua (m)	Altura de Filtro de plástico (m)	Volumen de sedimento (Litros)
Día 1	15 minutos	2 horas (4 ciclos 10 min.)	10 horas	1,05	1	1,41
Día 2	15 minutos	2 horas (4 ciclos 10 min.)	10 horas	1,05	0,8	1,24
Día 3	15 minutos	2 horas (4 ciclos 10 min.)	10 horas	1,05	0,6	0,88
Día 4	19 minutos	2 horas (4 ciclos 10 min.)	10 horas	1,15	1	0,71
Día 5	19 minutos	2 horas (4 ciclos 10 min.)	10 horas	1,15	0,8	1,06
Día 6	19 minutos	2 horas (4 ciclos 10 min.)	10 horas	1,15	0,6	0,88

Fuente: Ramos Medina Walter Alexander, 2018.

3.6. Análisis de resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos por el laboratorio de calidad de aguas “INGEESTUDIOS”, cuyo laboratorio cuenta con la acreditación del SAE (Servicio De Acreditación Ecuatoriano) se determina:

Tabla 5:

Concentración de DBO₅ de planta piloto.

Concentración de DBO de planta piloto (A.R no tratada)		
Resultado concentración de DBO (mg/l)	LIMITES DE DESCARGA AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO PÚBLICO (TULAS)	LIMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE (TULAS)
124,7	250	100

Fuente: Ingeestudios 2018.

Los resultados de la muestra de concentración de DBO₅ de la planta piloto, es decir el agua residual doméstica no tratada, fueron de 124,7 mg/l. Esta cantidad de DBO es la misma para los seis procesos y se usó el mismo caudal para los seis días y establecer el porcentaje de remoción. El porcentaje de concentración está por debajo del límite de descarga al sistema de alcantarillado público, no obstante está por encima del límite de descarga de un cuerpo de agua dulce según las normas TULAS, y con la remoción se puede bajar el valor de concentración de la planta piloto.

Tabla 6:

Remoción primer proceso

Primer proceso de Remoción de DBO₅				
Altura de espejo de agua (m)	Altura de Filtro utilizado (m)	Concentración de entrada de DBO (mg/l)	Concentración de salida de DBO (mg/l)	Límite de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS)
1,05	1	124,7	59,4	100

Fuente: Ingeestudios 2018

El primer proceso de remoción de DBO₅ dio como resultado 59,4, el cual está dentro del límite de descarga de un cuerpo de agua dulce según las normas del TULAS. Respecto a la concentración de entrada se removió el 52.4 % determinado por la siguiente ecuación:

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

$$\left(1 - \frac{59.4 \text{ mg/l}}{124.7 \text{ mg/l}}\right) * 100 = 52.4 \%$$

Tabla 7:

Remoción segundo proceso

Segundo proceso de Remoción de DBO ₅				
Altura de espejo de agua (m)	Altura de Filtro utilizado (m)	Concentración de entrada de DBO (mg/l)	Concentración de salida de DBO (mg/l)	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS)
1,05	0,8	124,7	67.2	100

Fuente: Ingeestudios 2018.

El segundo muestreo de remoción, dio como resultado 67.2 mg/l de concentración de DBO₅, es decir se removió menos respecto al primer proceso y mediante la ecuación se determinó su porcentaje:

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

$$\left(1 - \frac{67.2 \text{ mg/l}}{124.7 \text{ mg/l}}\right) * 100 = 46.1 \%$$

Tabla 8:

Tercer proceso de remoción.

Tercer proceso de Remoción de DBO ₅				
Altura de espejo de agua (m)	Altura de Filtro utilizado (m)	Concentración de entrada de DBO (mg/l)	Concentración de salida de DBO (mg/l)	Límite de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS)
1,05	0,6	124,7	93	100

Fuente: Ingeestudios 2018.

El tercer día de remoción de DBO₅ dio como resultado 93 mg/l de concentración, aunque se removió menos que los dos procesos anteriores, está dentro del límite de descarga a un cuerpo de agua dulce según las normas TULAS.

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

$$\left(1 - \frac{93 \text{ mg/l}}{124.7 \text{ mg/l}}\right) * 100 = 25.4 \%$$

Tabla 9:

Cuarto proceso de remoción.

Cuarto proceso de Remoción de DBO ₅				
Altura de espejo de agua (m)	Altura de Filtro utilizado (m)	Concentración de entrada de DBO (mg/l)	Concentración de salida de DBO (mg/l)	Límite de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS)
1,15	1	124,7	54.3	100

Fuente: Ingeestudios 2018

Fue el cuarto proceso y el primero a la altura de 1.15 m, dando como resultado 54.3 mg/l de concentración de DBO₅, es decir se ha removido más de la mitad de la concentración de entrada.

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

$$\left(1 - \frac{54.3 \text{ mg/l}}{124.7 \text{ mg/l}}\right) * 100 = 56.46 \%$$

Tabla 10:

Quinto proceso de remoción.

Quinto proceso de Remoción de DBO ₅				
Altura de espejo de agua (m)	Altura de Filtro utilizado (m)	Concentración de entrada de DBO (mg/l)	Concentración de salida de DBO (mg/l)	Límite de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS)
1,15	0.8	124,7	47.9	100

Fuente: Ingeestudios 2018

En el quinto día la remoción de DBO₅ fue la de mejor resultado en todos los procesos, cuyo muestreo determinó 47.9 mg/l de concentración, se usó el filtro de 0.8 m de altura.

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

$$\left(1 - \frac{47.9 \text{ mg/l}}{124.7 \text{ mg/l}}\right) * 100 = 61.59 \%$$

Tabla 11:

Sexto proceso de remoción.

Sexto proceso de Remoción de DBO ₅				
Altura de espejo de agua (m)	Altura de Filtro utilizado (m)	Concentración de entrada de DBO (mg/l)	Concentración de salida de DBO (mg/l)	Límite de descarga a un cuerpo de agua dulce (TULAS)
1,15	0.6	124,7	47.9	100

Fuente: Ingeestudios 2018

El sexto y último día de los procesos de remoción dio como resultado 71.4 de concentración de DBO₅, usando un filtro plástico de 0.6 m de altura y estando dentro del límite de descarga de un cuerpo de agua dulce según las normas TULAS.

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

$$\left(1 - \frac{71.4 \text{ mg/l}}{124.7 \text{ mg/l}}\right) * 100 = 42.74 \%$$

CAPITULO IV

INFORME FINAL

En base a los resultados obtenidos y ya analizados, determinando las concentraciones y porcentajes de remoción de los procesos, se expone el informe final del proceso de remoción de DBO₅ tratando agua residual doméstica

4.1 Análisis de la influencia de variación de las alturas de llenado de agua residual doméstica en la remoción del parámetro medidor DBO₅.

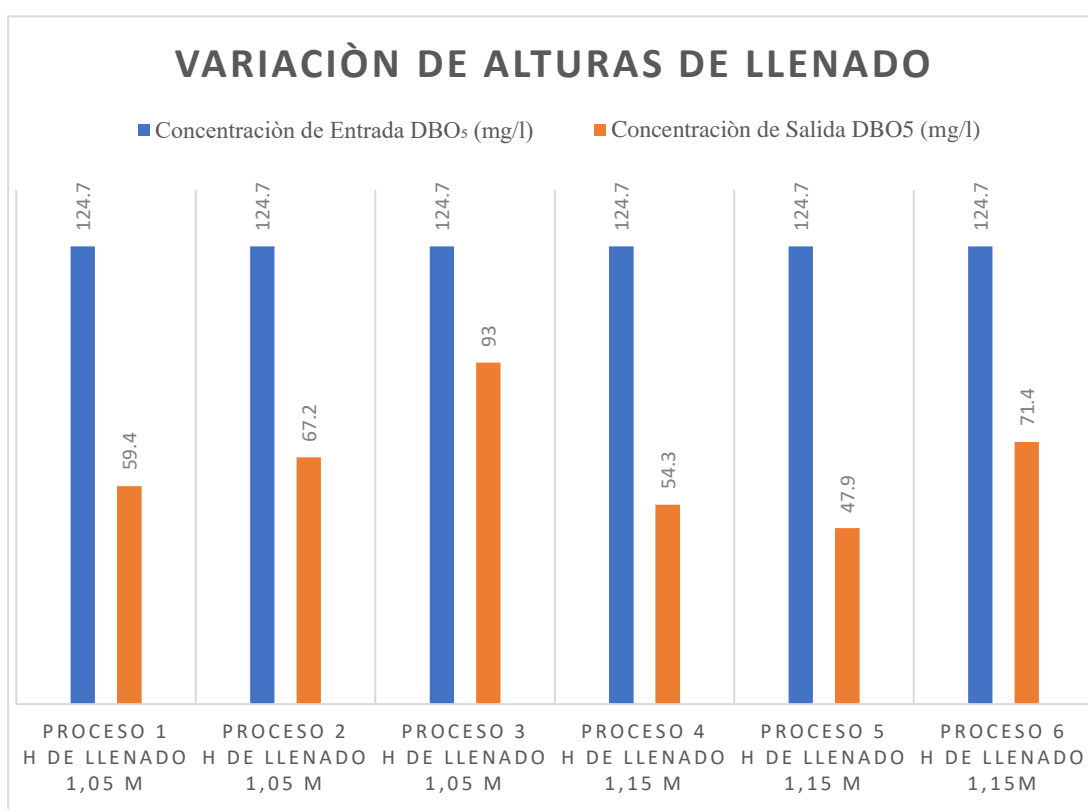


Gráfico 1: Análisis de la influencia de variación de altura de llenado
Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

Analizando para una misma altura de llenado inicialmente 1.05 m, se observa que la menor concentración alcanzada de DBO₅ fue de 59.4 mg/L. Mientras que, para la altura de llenado de 1.15 m, la menor concentración obtenido fue de 47,9 mg/L. En base a los resultados obtenidos, se puede indicar que cuando se utilizó mayor altura de llenado, se obtiene una mejor remoción de DBO₅.

4.2 Análisis de la influencia de la variación de volúmenes de filtros en el proceso de remoción de DBO.

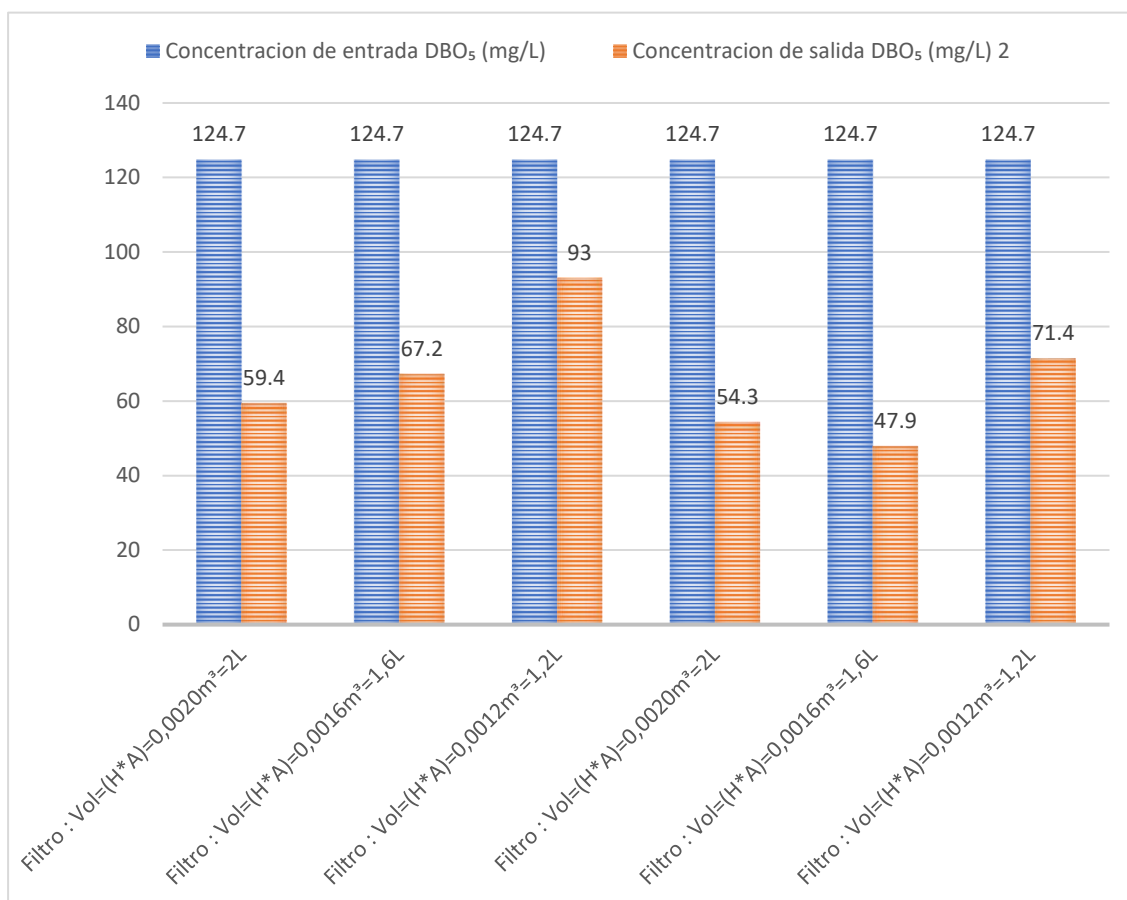


Gráfico 2: Análisis de influencia de variación de filtros de plástico.

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

Entre las dos pruebas usando el mismo volumen de filtro (2 Litros), se obtuvo una mejor concentración de DBO₅ en la prueba 4 (54.3 mg/L), donde la altura de llenado de agua residual doméstica fue de 1.15 m.

Entre las dos pruebas usando el mismo volumen de filtro (1.6 Litros), se obtuvo una mejor concentración de DBO₅ en la prueba 5 (47.9 mg/L), donde la altura de llenado de agua residual doméstica fue de 1.15 m.

Entre las dos pruebas usando el mismo volumen de filtro (1.6 Litros), se obtuvo una mejor concentración de DBO₅ en la prueba 6 (71.4 mg/L), donde la altura de llenado de agua residual doméstica fue de 1.15 m.

4.3 Evaluación económica del uso del reactor anaeróbico secuencial mediante la comparación con otro sistema de tratamiento de aguas residuales.

La implementación del SBR de tipo anaeróbico para tratar agua residual doméstica, tuvo una duración de 40 días que inicia desde la consecución de los materiales hasta el ensamblaje y construcción del mismo. A continuación se detalla los componentes del reactor con sus costos unitarios y costo total de todo el sistema.

Tabla 12:

Evaluación de Costos.

Descripción	Unidad	Cantidad	P.Unitario	TOTAL
Motor de 1 HP	Unid.	1	20	20
Poleas	Unid.	3	2	6
Bandas para poleas	Unid.	2	1,5	3
Varilla de hierro lisa de 5 mm	Unid.	1	12	12
Platina para aletas y soportes	Unid.	3	4,5	13,5
Tubo acrílico	Unid.	1	90	90
Tubo de PVC ϕ 1"	Unid.	1	6	6
Unión universal doble ϕ 1"	Unid.	1	2,5	2,5
Llaves ϕ 1/2"	Unid.	2	1,8	3,6
Acoples para tanque ϕ 1/2"	Unid.	2	3,25	6,5
Manguera ϕ 3/4"	m	1	5,6	5,6
Quemador de gases y olores	Unid.	1	30	30
Codo Reductor ϕ 1" a 3/4"	Unid.	1	1,85	1,85
				200,55

Fuente: Ramos Medina Walter Ramos, 2018.

- **Humedal con plantas acuáticas para tratar agua residual**

Materiales y costos

Humedal de vidrio (\$ 100.00)

Tanque reservorio para planta piloto (\$ 80.00)

Llaves, neplós y accesorios de PVC (\$ 20.00)

Piedras chispa y arena para los filtros (\$25.00)

Planta acuática (\$ 2.50)

Total = \$ 227.50

Funcionamiento del Sistema

Para el tratamiento de agua residual con este sistema, el AA.SS se deposita en el tanque reservorio (Planta piloto), posteriormente se abre una llave de paso para conducir el agua hacia el humedal, en este habrán tres capas de filtro, el primero de piedra, el siguiente de arena y el otro también de piedra, tomando en cuenta que la planta fue incrustada en el primer filtro. El agua pasa x estos filtros y la planta ayuda a la purificación del agua residual, al finalizar se extrae el agua ya tratada con una llave de evacuación para llevarla a los análisis correspondientes. (Ver Figura 15)



Figura 15: Humedal con plantas acuáticas para tratar agua residual

Fuente: Tesis, Jefferson Cercado 2018

- **Comparación entre ambos sistemas de tratamiento de aguas residuales**

El reactor anaeróbico secuencial para tratar agua residual en la parte económica y técnica, es mejor que el sistema de humedales con plantas acuáticas, en la parte económica es más barato la implementación que la de humedales. En la parte técnica y funcionamiento es más factible, segura y con proyección a mejores resultados de remoción para reducir las concentraciones de los parámetros de aguas servidas.

Por ende la implementación de reactores anaeróbicos secuenciales, es una buena opción para tratar aguas residuales, y con la implementación de filtros de plásticos, se obtendrán mejores resultados de remoción comparándolo con otros sistemas de tratamientos, en este caso de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

- **Comparación económica del muestreo removiendo DBO5 para ambos sistemas.**

Las pruebas de muestreo para determinar la concentración de DBO para aguas residuales tienen el mismo costo, sin importar el sistema, la procedencia, ni el porcentaje que se haya removido, el cual oscila entre los 25 a 35 dólares, lo cual puede variar dependiendo las condiciones de la muestra, por ejemplo por el horario, dificultad o si es para empresas o trabajos universitarios. Por ende, no importa cuanta cantidad de dbo se remueva el costo será el mismo, ya que no se puede establecer rangos según miligramos para el cobro de remoción de dbo ni de otros parámetros.

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

Como resultado de los seis procesos de remoción de DBO₅ de agua residual doméstica, se determinó que el tercer día se removió menor porcentaje de DBO₅ (25.4 %), y en el quinto proceso se removió el mayor porcentaje de DBO₅ (61.59 %).

Tabla 13:

Efectividad y porcentaje de Remoción de DBO.

	Concentración de entrada de DBO ₅ (mg/l)	Concentración de salida de DBO ₅ (mg/l)	Porcentaje de Remoción de DBO ₅ (%)
Proceso #1	124,7	59,4	52,4
Proceso #2	124,7	67,2	46,1
Proceso #3	124,7	93	25,4
Proceso #4	124,7	54,3	56,46
Proceso #5	124,7	47,9	61,59
Proceso #6	124,7	71,4	42,74

Fuente: Ingeestudios 2018.

Sacando un promedio de porcentajes de los seis procesos de remoción de DBO₅, se pudo determinar un 47.44 % de remoción que es casi el 50% de remoción, es decir que los resultados fueron satisfactorios y se cumplió con el proceso de remoción de manera adecuada y siguiendo los pasos establecidos.

Efectividad de remoción de DBO₅.

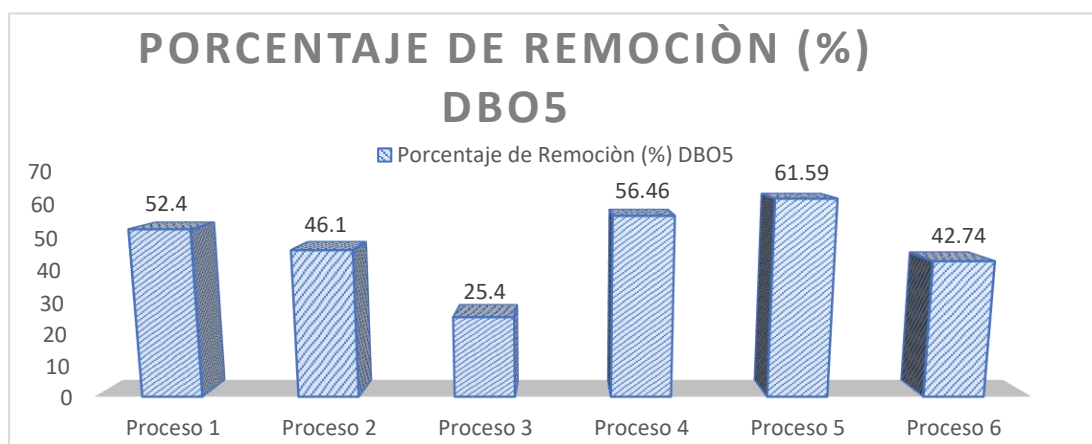


Gráfico 3: Porcentaje de Remoción de DBO₅ de los seis procesos.

Elaborado por: Ramos Medina W. (2018).

CONCLUSIÓN

En base a los resultados obtenidos de la muestra de la planta piloto el cual determinó 124.7 mg/l, se considera que la concentración de DBO₅ excedía el límite de descarga a un cuerpo de agua dulce según las normas del Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Medio Ambiente (TULAS), por ende era necesario un proceso de remoción para bajar la concentración de este parámetro.

La implementación de filtros plásticos para cada proceso de remoción de DBO₅, fue de gran utilidad para que el procedimiento se haya efectuado de manera correcta, ya que los floculos que no se lograron asentar al fondo del tubo acrílico en la etapa de sedimentación, se adhirieron a los filtros y esto ayuda a clarificar más el agua tratada y obtener mejores resultados.

En base a los resultados obtenidos, se determinó que todos los procesos aunque no tuvieron el mismo porcentaje de remoción de DBO₅, los resultados del muestreo determinaron que estuvieron dentro del límite de descarga a un cuerpo de agua dulce según las normas del Texto Unificado De Legislación Secundaria Del Medio Ambiente (TULAS), es decir todas las concentraciones del DBO₅ de salida fueron menores a 100 mg/l.

Analizando para una misma altura de llenado inicialmente 1.05 m, se observa que la menor concentración alcanzada de DBO₅ fue de 59.4 mg/L. Mientras que, para la altura de llenado de 1.15 m, la menor concentración obtenido fue de 47,9 mg/L, es decir, cuando se utilizó mayor altura de llenado, se obtiene una mejor remoción de DBO₅.

Analizando las variaciones de volúmenes de filtros (2 Litros, 1.6 Litros, 1.2 Litros), se determinó que hubo una mejor concentración de DBO₅ cuando la altura de llenado de agua residual doméstica fue de 1.15 metros.

En base al proceso realizado, se determinó que a mayor cantidad de volumen de sedimento obtenido al terminar la etapa de decantación, mejor fue el proceso de remoción de DBO₅, ya que en el quinto proceso el cual fue el de mayor porcentaje de DBO₅ removido, se obtuvo 1.06 litros de sedimento y fue un indicio que la concentración de este parámetro bajo considerablemente.

En los procedimientos realizados y según los resultados obtenidos, se determinó que los mejores resultados de remoción se los obtuvo usando 1.15 m de altura en la etapa de llenado haciendo la comparación con los otros procesos a la altura de 1.05

m, es decir, en los tres primeros procesos de 1.05 m. resultaron: 59.4 mg/l, 67.2 mg/l y 93 mg/l de concentración de DBO5 y los tres últimos se obtuvo 54.3 mg/l, 47.9 mg/l y 71.4 mg/l, es decir, dos de los tres mejores procesos de remoción fueron realizados a 1.15 m. a la altura de llenado.

En conclusión, la implementación de un Reactor Anaeróbico Secuencial es práctico y de gran utilidad, ya que con este sistema no solamente se puede realizar el proceso de remoción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), sino también se lo puede emplear para otros parámetros propios del agua residual.

RECOMENDACIONES

Para terminar esta investigación experimental científica se puede plantear que, ante los problemas hacia el impacto ambiental que conllevan las innumerables descargas diarias de agua residual doméstica, es necesario implementar este sistema como una alternativa para reducir la concentración de DBO_5 y así proceder a descargarlas sin temor a que afecte al medio ambiente.

El óptimo proceso de mezclado para una excelente remoción debe ser con una velocidad adecuada, por ende se recomienda que se podrían hacer pruebas a 60 revoluciones por minuto ya que es la velocidad óptima en el proceso de reacción o mezclado, de esta manera reducir considerablemente la concentración de DBO_5 .

La etapa de sedimentación tuvo una duración de 10 horas, durante este tiempo los sólidos se asentaron adecuadamente, sin embargo se recomienda que sería conveniente aumentar el tiempo de esta etapa, es decir aumentar esas 10 horas a 15 o 20 horas para obtener un mejor resultado de remoción de DBO_5 .

En este sistema se le añadió un quemador de gases y olores, donde se trató obtener gas metano al término de cada proceso, sin embargo los volúmenes de este gas no fueron significativos, por ende recomiendo investigar más acerca de la extracción de gas metano mediante procesos anaeróbicos de remoción, para implementarlo en reactores anaeróbicos secuenciales y obtener este tipo de gas, el cual le daría más realce a este tipo de proyectos.

Recomiendo que se realice un estudio exhaustivo, sobre implementación de reactores anaeróbico secuenciales para tratar agua residual doméstica para proyectos futuros, tesis o experimentos universitarios, es una manera práctica y económica de tratar este tipo de aguas y obtener resultados que serían interesantes para un análisis y exposición de conocimientos de este tipo de sistemas.

GLOSARIO.

- **Inóculo:** Término colectivo para referirse a los microorganismos o sus partes (esporas, fragmentos miceliales, etc.) capaces de provocar infección o simbiosis cuando se transfieren a un huésped. El término también se usa para referirse a los organismos simbióticos o patógenos transferidos por cultivo.
- **Eutrofización:** Incremento de sustancias nutritivas en aguas dulces, que producen un exceso de fitoplancton.
- **DBO:** Demanda bioquímica de Oxígeno.
- **Flóculo:** Conjunto de partículas pequeñas aglutinadas en partículas más grandes y con mayor capacidad de sedimentación que se obtiene mediante tratamiento químico, físico o biológico. Compuesto insoluble que adsorbe materia coloidal y permite su fácil sedimentación.
- **Reactor:** Es una unidad procesadora diseñada para que en su interior se lleve a cabo una o varias reacciones químicas. Dicha unidad procesadora está constituida por un recipiente cerrado, el cual cuenta con líneas de entrada y salida para sustancias.
- **Sedimento:** Es la materia que, después de haber estado en suspensión en un líquido, termina en el fondo por su mayor gravedad. Este proceso se conoce como sedimentación.

BIBLIOGRAFÍA.

- (s.f.), Manuel Ruiz Medina. (s.f.). *eumen.net*. Obtenido de http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/mirm/tecnicas_instrumentos.html
- Aire Libre.Cl. (2016). *Aire Libre.Cl*. Obtenido de <http://airelibre.cl/que-son-los-coliformes-fecales/>
- Becerra, J. M. (2013). *SISTEMAS DE PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN*. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/11112/1/marthaisabelorjuela2013.pdf>
- Calvachi, G. C. (2013). *Nitrógeno en aguas residuales*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v15n1/v15n1a07.pdf>
- Carmen, E.-L. M. (2013). *Revista CENIC. Ciencias Químicas*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181629303001>
- Cartagena (s.f), U. p. (s.f.). *Análisis de aguas*. Obtenido de https://www.upct.es/~minaees/analisis_aguas.pdf
- Ciencia, N. (2018). *Nova Ciencia* . Obtenido de <https://novaciencia.es/amoniaco-aguas-residuales/>
- Claseshistoria, R. d. (15 de Diciembre de 2013). Obtenido de <file:///C:/Users/Home/Downloads/Dialnet-EpistemologiaDeLaInvestigacionCuantitativaYCualita-5174556.pdf>
- Definicionyque.es. (2014). *Definicionyque.es*. Obtenido de <https://definicionyque.es/aguas-servidas/>
- Fibras y Normas. (2018). *Blog Terminos y definiciones*. Obtenido de Blog Terminos y definiciones: <https://www.fibrasynormasdecolombia.com/terminos-definiciones/Categoria/definiciones/>
- Fiotto, S. (2013). *Modelamiento y simulación de reactores*. Obtenido de http://www.edutecne.utn.edu.ar/publicaciones/tesis/modelamiento_simulacion_reactores.pdf
- Gonzales, A. U. (2017). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS*. Obtenido de http://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/10651/43806/3/TFM_AdrianUrrusunoGonzalez.pdf
- HACH. (s.f). (s.f.). *IMPORTANCIA DE LA MEDICIÓN DE CARBONO*. Obtenido de file:///C:/Users/Home/Downloads/DOC040.61.10062.Jun15_ES.pdf
- Hidritec. (2016). *Hidritec*. Obtenido de <http://www.hidritec.com/hidritec/tratamiento-de-aguas-residuales-y-disminucion-de-dqo>
- HUILCA, J. C. (2015). *Tesis ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO* . Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/4671/1/96T00298%20UDCTFC.pdf>


- INEN. (2013). Obtenido de <http://sut.trabajo.gob.ec/publico/Normativa%20T%C3%A9cnica%20INEN/NTE%20INEN%201204%20-%20AGUAS.%20DETERMINACI%C3%93N%20DE%20NITR%C3%93GENO%20ORG%C3%81NICO.pdf>
- INEN. (2013). *INEN*. Obtenido de [http://sut.trabajo.gob.ec/publico/Normativa%20T%C3%A9cnica%20INEN/NTE%20INEN%201202%20-%20AGUAS.%20DEMANDA%20BIOQU%C3%8DMICA%20DE%20OX%C3%8DGENO%20\(DBO5\).pdf](http://sut.trabajo.gob.ec/publico/Normativa%20T%C3%A9cnica%20INEN/NTE%20INEN%201202%20-%20AGUAS.%20DEMANDA%20BIOQU%C3%8DMICA%20DE%20OX%C3%8DGENO%20(DBO5).pdf)
- Kannan, A. (2015). Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/261767299_Anaerobic_sequencing_batch_reactors_and_its_influencing_factors_an_overview
- Lec, E. R. (2014). Obtenido de file:///C:/Users/Home/Downloads/12035-41941-1-PB%20(1).pdf
- Lizerinde. (19 de Abril de 2014). *Lizerinde*. Obtenido de <http://lizerindex.blogspot.com/2014/04/ventajas-y-desventajas-del-metodo.html>
- López, A. V. (2013). *Universidad Politecnica de Chimborazo*. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3118/1/236T0084.pdf>
- Microlab. (2015). *Microlab*. Obtenido de <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/analisis-comparativas-y-relaciones-entre-la-dbo-dqo-cot>
- Nishikiten. (2013). *Nishikiten*. Obtenido de <http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego/>
- Notijenck. (2014). *DETERMINACIÓN CUANTITATIVA DE COMPUESTOS ORGÁNICOS*. Obtenido de <https://www.notijenck.com.ar/aplicaciones/determinacion-cuantitativa-de-compuestos-organicos-volaticos-en-agua>
- Osbaldo Mesias, (. (s.f.). *Universidad central de Venezuela, Doctorado en urbanismo*. Obtenido de Google Academico: https://scholar.google.com.ec/scholar?q=investigacion+cualitativa+y+cuantitativa&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart
- Paredes, J. F. (2014). Obtenido de file:///C:/Users/Home/Downloads/Dialnet-ReactoresDiscontinuosSecuenciales-5065713%20(2).pdf
- Ramírez, D. C. (2017). *Método de Estimación de Sólidos*. Obtenido de <http://bdigital.unal.edu.co/57367/1/2949594699.2017.pdf>
- residuales, T. d. (2014). *Tratamientos de aguas residuales*. Obtenido de <https://tratamientodeaguasresiduales.net/tratamiento-de-aguas-residuales-domesticas/>

- Reyes, S. (2017). *DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES, SUSPENDIDOS Y SEDIMENTABLES*.
Obtenido de
http://www.academia.edu/34926466/Determinaci%C3%B3n_de_s%C3%B3lidos_suspendidos_totales_suspendido_y_sedimentables
- Rodríguez, F. M. (2013). *Frida María León Rodríguez*. Obtenido de
file:///C:/Users/Home/Desktop/tratamientodeaguas_manualprac.pdf
- Severiche, C. A. (2013). *Carlos Alberto Severiche*. Obtenido de
<http://www.eumed.net/libros-gratis/2013a/1326/1326.pdf>
- Share, S. (2015). *Slide Share*. Obtenido de
<https://es.slideshare.net/MarcosDalmasi/demanda-biolgica-y-quimica-de-oxgeno-y-oxgeno-disuelto>
- Significados. (2013). *Significado de Metodología de la investigación*. Obtenido de
<https://www.significados.com/metodologia-de-la-investigacion/>
- Significados*. (29 de 11 de 2018). Obtenido de Significado de Metodología de la investigación: <https://www.significados.com/metodologia-de-la-investigacion/>
- Slide Share. (28 de Febrero de 2013). Obtenido de
<https://es.slideshare.net/ALEJOCOSIO/investigacion-experimental-16846793>
- Técnicas de investigación (s.f.)*. (s.f.). Obtenido de Profesores.fi-b.unam.mx:
http://profesores.fi-b.unam.mx/jlfl/Seminario_IEE/tecnicas.pdf
- TULAS. (2017). *Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria*. Obtenido de Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/09/TEXTO-UNIFICADO-LEGISLACION-SECUNDARIA-MEDIO-AMBIENTE-PARTE-I-I.pdf>
- verde, E. (2018). *Ecología verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-aguas-residuales-y-como-se-clasifican-1436.html>
- VI TULAS, R. O. (04 de NOVIEMBRE de 2015). LIMITE DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE. TULAS. QUITO, PICHINCHA, ECUADOR:
<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>. Obtenido de
<http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>

ANEXOS.

Anexo 1: Concentración de entrada (planta piloto) y primera muestra de salida de DBO₅.

INFORME DE RESULTADOS			No. 0777 - 0778-18		
FECHA DEL INFORME: 05/12/2018			DATOS DEL MUESTREO		
INFORMACIÓN DEL CLIENTE			Tipo de Muestra : Simple		
Empresa :	Universidad Laica Vicente Rocafuerte		Lugar de Toma :	Universidad Laica Vicente Rocafuerte	
Dirección :	Av. De las Américas		Fecha de Toma :	27/11/2018	
Solicitado por :	Sr. Ramos		Responsable Muestreo :	Ing. Kleber Moscoso	
CONDICIONES DEL ANÁLISIS			Hora :	08:00am y 20:00pm - Simple	
F.Inicio del Análisis :	27/11/2018	T ° C : 28,6	Fecha de Ingreso :	27/11/2018	
F.Fin del Análisis :	02/12/2018	%H : 57,0			
RESULTADOS					
Identificación de la muestra: U.L.V.R. Entrada a planta piloto (No. 0777-18)			Hora de toma: 08H00		
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	U (K=2)	METODO DE REFERENCIA	LIMITES
*Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	124,7	12%	SM 5210B PE-1.3	100
Identificación de la muestra: U.L.V.R. Salida de planta piloto (No. 0778-18)			Hora de toma: 20H00		
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	U (K=2)	METODO DE REFERENCIA	LIMITES
*Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	59,4	12%	SM 5210B PE-1.3	100


 Jefa del Laboratorio
 Qca. Esmeralda Quintero

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.
- *Parámetro incluido en el alcance de acreditación solicitado al SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano).
 **Parámetro subcontratado.

Anexo 2: Segunda muestra de salida de concentración de DBO₅



INFORME DE RESULTADOS		No. 0779-18			
FECHA DEL INFORME: 05/12/2018		DATOS DEL MUESTREO			
INFORMACIÓN DEL CLIENTE		Tipo de Muestra : Simple			
Empresa :	Universidad Laica Vicente Rocafuerte	Lugar de Toma : Universidad Laica Vicente Rocafuerte			
Dirección :	Av. De las Américas	Fecha de Toma : 28/11/2018			
Solicitado por :	Sr. Ramos	Responsable Muestreo : Ing. Kleber Moscoso			
CONDICIONES DEL ANÁLISIS		Hora : 20:30pm - Simple			
F.Inicio del Análisis :	28/11/2018 T ° C : 28,3	Fecha de Ingreso : 28/11/2018			
F.Fin del Análisis :	03/12/2018 %H : 55,1				
RESULTADOS					
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	U (k=2)	MÉTODO DE REFERENCIA	LÍMITES
*Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	67,2	12%	SM 5210B PE-1.3	100

Jefe del Laboratorio
Qca. Esmeralda Quintero

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.
- *Parámetro incluido en el alcance de acreditación solicitado al SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano).
**Parámetro subcontratado.

Anexo 3: Tercera muestra de salida de concentración de DBO₅.



INFORME DE RESULTADOS			No. 0784-18			
FECHA DEL INFORME:		13/12/2018				
INFORMACIÓN DEL CLIENTE		DATOS DEL MUESTREO				
Empresa :	Universidad Laica Vicente Rocafuerte		Tipo de Muestra :	Simple		
Dirección :	Av. De las Américas		Lugar de Toma :	Universidad Laica Vicente Rocafuerte		
Solicitado por :	Sr. Ramos		Fecha de Toma :	30/11/2018		
CONDICIONES DEL ANÁLISIS		Responsable Muestreo : Ing. Kleber Moscoso				
F.Inicio del Análisis :	30/11/2018	T ° C :	25,4			
F.Fin del Análisis :	05/12/2018	%H :	53,1			
		Hora :				20:30pm - Simple
		Fecha de Ingreso :				30/11/2018
RESULTADOS						
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	U (k=2)	METODO DE REFERENCIA	LÍMITES	
*Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	54,3	12%	SM 5210B PE-1.3	100	

Jefe del Laboratorio
Qca. Esmeralda Quintero

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.
- *Parámetro incluido en el alcance de acreditación solicitado al SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano).
**Parámetro subcontratado.

Anexo 4: Cuarta muestra de salida de concentración de DBO₅.



INFORME DE RESULTADOS		No. 0783-18			
FECHA DEL INFORME: 13/12/2018		DATOS DEL MUESTREO			
INFORMACIÓN DEL CLIENTE		Tipo de Muestra : Simple			
Empresa :	Universidad Laica Vicente Rocafuerte	Lugar de Toma : Universidad Laica Vicente Rocafuerte			
Dirección :	Av. De las Américas	Fecha de Toma : 29/11/2018			
Solicitado por :	Sr. Ramos	Responsable Muestreo : Ing. Kleber Moscoso			
CONDICIONES DEL ANÁLISIS		Hora : 20:30pm - Simple			
F.Inicio del Análisis :	29/11/2018 T ° C : 28,7	Fecha de Ingreso : 29/11/2018			
F.Fin del Análisis :	04/12/2018 %H : 58,2				
RESULTADOS					
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	U (k=2)	MÉTODO DE REFERENCIA	LIMITES
*Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	93	12%	SM 5210B PE-1.3	100



Jefe del Laboratorio
Qca. Esmeralda Quintero


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.
- *Parámetro incluido en el alcance de acreditación solicitado al SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano).
 **Parámetro subcontratado.

Anexo 5: Quinta muestra de salida de concentración de DBO₅



INFORME DE RESULTADOS		No. 0785-18			
FECHA DEL INFORME: 13/12/2018 INFORMACIÓN DEL CLIENTE Empresa : Universidad Laica Vicente Rocafuerte Dirección : Av. De las Américas Solicitado por : Sr. Ramos		DATOS DEL MUESTREO Tipo de Muestra : Simple Lugar de Toma : Universidad Laica Vicente Rocafuerte Fecha de Toma : 03/12/2018 Responsable Muestreo : Ing. Kleber Moscoso Hora : 20:30pm - Simple Fecha de Ingreso : 03/12/2018			
CONDICIONES DEL ANÁLISIS F.Inicio del Análisis : 03/12/2018 T ° C : 25,9 F.Fin del Análisis : 08/12/2018 %H : 51,6					
RESULTADOS					
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	U (k=2)	MÉTODO DE REFERENCIA	LÍMITES
*Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	47,9	12%	SM 5210B PE-1.3	100



Jefe del Laboratorio
Qca. Esmeralda Quintero

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.
- *Parámetro incluido en el alcance de acreditación solicitado al SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano).
 **Parámetro subcontratado.

Anexo 6: Sexta muestra de salida de concentración de DBO5



INFORME DE RESULTADOS		No. 0787-18			
FECHA DEL INFORME: 13/12/2018 INFORMACIÓN DEL CLIENTE Empresa : Universidad Laica Vicente Rocafuerte Dirección : Av. De las Américas Solicitado por : Sr. Ramos		DATOS DEL MUESTREO Tipo de Muestra : Simple Lugar de Toma : Universidad Laica Vicente Rocafuerte Fecha de Toma : 04/12/2018 Responsable Muestreo : Ing. Kleber Moscoso Hora : 20:30pm - Simple Fecha de Ingreso : 04/12/2018			
CONDICIONES DEL ANÁLISIS F.Inicio del Análisis : 04/12/2018 T ° C : 25,8 F.Fin del Análisis : 09/12/2018 %H : 50,4					
RESULTADOS					
PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	U (k=2)	METODO DE REFERENCIA	LÍMITES
*Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/l	71,4	12%	SM 5210B PE-1.3	100



Jefe del Laboratorio
Qca. Esmeralda Quintero

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.
- *Parámetro incluido en el alcance de acreditación solicitado al SAE (Servicio de Acreditación Ecuatoriano).
 **Parámetro subcontratado.

Anexo 7: Artículo de la Revista.



[Inicio](#) > [Usuario/a](#) > [Autor/a](#) > **Envíos activos**

Envíos activos

[ACTIVO/A](#) [ARCHIVAR](#)

<u>ID.</u>	<u>DD-MM</u>	<u>ENVIAR</u>	<u>SECC</u>	<u>AUTORES/AS</u>	<u>TÍTULO</u>	<u>ESTADO</u>
------------	--------------	---------------	-------------	-------------------	---------------	---------------

Sin envíos

Empezar un nuevo envío