



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TEMA:

**Estudio del tratamiento complementario en sistemas
plásticos compactos para el tratamiento de aguas residuales
domésticas.**

AUTOR:

Villafuerte Macas, Angie Maite

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
INGENIERO CIVIL**

TUTOR:

Glas Cevallos, Clara Catalina

Guayaquil, Ecuador

27 de febrero del 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Villafuerte Macas Angie Maite**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Civil**.

TUTOR:

f. Clara Glas Cevallos

Ing. Glas Cevallos Clara Catalina, M. Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. Alcívar Bastidas Stefany Esther

Ing. Alcívar Bastidas Stefany Esther, M. Sc.

Guayaquil, a los 27 días del mes de febrero del año 2023



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Villafuerte Macas Angie Maite**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación: **Estudio del tratamiento complementario en sistemas plásticos compactos para el tratamiento de aguas residuales domésticas**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 27 días del mes de febrero del año 2023

EL AUTOR

f. _____

Villafuerte Macas Angie Maite



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

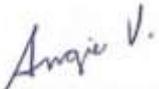
AUTORIZACIÓN

Yo, **Villafuerte Macas Angie Maite**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **Estudio del tratamiento complementario en sistemas plásticos compactos para el tratamiento de aguas residuales domésticas**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 27 días del mes de febrero del año 2023

EL AUTOR:

f. 

Villafuerte Macas Angie Maite

REPORTE URKUND

Document Information

Analyzed document	VILLAFUERTE_ANGIE.docx (D159649298)
Submitted	2/28/2023 12:45:00 AM
Submitted by	
Submitter email	clara.glas@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	clara.glas.ucsg@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	Huaccha_L_Miranda_A_T1.docx Document Huaccha_L_Miranda_A_T1.docx (D103058393)	 8
SA	LLUMIGUANO CHELA DIANA BEATRIZ.pdf Document LLUMIGUANO CHELA DIANA BEATRIZ.pdf (D110456453)	 1
W	URL: https://tratamientodeaguas.com.co/servicio/medio-plastico-roseton/ Fetched: 2/28/2023 12:46:00 AM	 3
SA	alvarado-gonzalez aguas .pdf Document alvarado-gonzalez aguas .pdf (D23142212)	 2
SA	1A-NAVIDAD CARRASCAL, EDER RICHARD -TÍTULO PROFESIONAL-2021.docx Document 1A-NAVIDAD CARRASCAL, EDER RICHARD -TÍTULO PROFESIONAL-2021.docx (D158846655)	 1
W	URL: https://radiolacalle.com/plastigama-wavin-presenta-innovadores-biotanques-septicos-integrados/ Fetched: 2/28/2023 12:45:11 AM	 1

Entire Document

TUTOR:

f. Clara Glas Cevallos

Ing. Glas Cevallos Clara Catalina, M. Sc.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por su presencia.

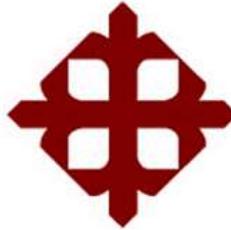
A mis padres y mi abuelita, por su constante apoyo.

A la Ing. Clara Glas por brindarme su calma y guía durante el desarrollo de este trabajo de investigación.

Al Blgo. Edison por sus conocimientos.

DEDICATORIA

Para todas las personas que son prisioneras de sus propios miedos.
A mí, porque este documento es una muestra que pude cumplir una etapa
de mi vida.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. Clara Glas Cevallos

Ing. Glas Cevallos Clara Catalina, M. Sc.

TUTOR

f. Stefany Alcívar Bastidas

Ing. Stefany Alcívar Bastidas, M. Sc.

DIRECTOR DE CARRERA

Nancy Varela

Ing. Nancy Varela Terreros, Ph.D.

DOCENTE DE LA CARRERA

f. Alexandra Camacho Monar

Ing. Alexandra Camacho Monar, PhD.

OPONENTE

ÍNDICE

RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
INTRODUCCIÓN	2
Antecedentes.....	2
Objetivos.....	2
Objetivo General	2
Objetivo Específico	2
Alcance.....	3
Metodología.....	3
1.CAPÍTULO I: INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1 Caracterización de Aguas Residuales	4
1.1.1 El origen de las Aguas Residuales	4
1.2 Características de las aguas residuales domésticas	4
1.2.1 Características Físicas	4
1.2.2 Características químicas.....	6
1.2.3 Características biológicas	7
1.3 Tratamiento de Aguas Residuales	8
1.3.1 Pre tratamiento.....	10
1.3.2 Tratamiento primario	10
1.3.3 Tratamiento secundario	13
1.3.4 Tratamiento terciario	19
1.4 Disposición de lodos	21
1.5 Tratamientos compactos.....	22
1.6 Parámetros de calidad de agua	22
1.7 Marco normativo ambiental en Ecuador.....	24

2.CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN	25
2.1 CARACTERÍSTICAS DEL BIODIGESTOR.....	28
2.2 CARACTERÍSTICAS DEL BIOTANQUE SÉPTICO INTEGRADO	32
3.CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	38
3.1 Materiales y métodos	39
3.1.1 Materiales	39
3.1.2 Métodos	43
4.CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	49
4.1 Análisis de los datos	49
4.2 Cálculo de eficiencia	60
CONCLUSIONES	62
RECOMENDACIONES	63
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXO.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clases de sedimentos.....	12
Tabla 2 Propiedades de las diferentes presentaciones del cloro.....	20
Tabla 3 Caracterización y composición de lodos.	21
Tabla 4 Dimensiones del biodigestor en función de sus capacidades.....	29
Tabla 5 Número de usuarios servidos en función de su capacidad.....	29
Tabla 6 Dimensiones del biotanco séptico integrado en función de sus capacidades.....	33
Tabla 7 Características del rosetón plástico filtrante.	34
Tabla 8 Características físicas y químicas de las pastillas de cloro al 90%.....	34
Tabla 9 Cronograma de toma de muestra de biodigestor.	38
Tabla 10 Cronograma de toma de muestra de biotanco séptico integrado.	38
Tabla 11 Listado de materiales en campo	39
Tabla 12 Listado de materiales, equipos y reactivos de laboratorio	40
Tabla 13 Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua residual doméstica - sector Coop. El Ejército Durán.....	49
Tabla 14 Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua residual doméstica - Sector Piladora de Cesa.	51
Tabla 15 Comparativo del efluente de Piladora de Cesa con los límites permitidos por la Norma.	53
Tabla 16 Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua residual doméstica - Sector CDI San Francisco de Cajas.....	54
Tabla 17 Comparativo del efluente de CDI Francisco de Cajas con los límites permitidos por la Norma.	56
Tabla 18 Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua residual doméstica - Sector CDI Urku Sisa.....	57
Tabla 19 Comparativo del efluente de CDI Urku Sisa con los límites permitidos por la Norma.	59
Tabla 20 Resumen de eficiencia de cada uno de los sistemas plásticos monitoreados.	61
Tabla 21 Concentración típica de aguas residuales domésticas.	69
Tabla 22 Límites de descarga a un cuerpo de agua marina.....	70
Tabla 23 Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego.....	71
Tabla 24 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Esquema de una estación depuradora de aguas residuales.....	9
Ilustración 2 Valores usuales para la remoción de DBO y SST en tanque de sedimentación primaria.....	11
Ilustración 3 Trayectoria de partícula flotante y discreta.....	13
Ilustración 4 Depuración biológica.....	14
Ilustración 5 Balance de energía en el metabolismo.....	16
Ilustración 6 Ubicación del biodigestor en el cantón Durán.....	25
Ilustración 7 Ubicación del biotanco séptico integrado en Piladora de Cesa.....	26
Ilustración 8 Ubicación del biotanco séptico integrado en CDI San Francisco de Cajas.....	27
Ilustración 9 Ubicación del biotanco séptico integrado en CDI Urku Sisa.....	28
Ilustración 10 Biodigestor Prefabricado.....	28
Ilustración 11 Biodigestor Prefabricado.....	30
Ilustración 12 Funcionamiento del Biodigestor Prefabricado.....	31
Ilustración 13 Biotanco séptico integrado.....	32
Ilustración 14 Componentes del biotanco séptico integrado.....	33
Ilustración 15 Rosetón plástico filtrante.....	34
Ilustración 16 Vista en planta de las medidas del biotanco séptico integrado de 1200 L.....	36
Ilustración 17 Operación del biotanco séptico integrado de capacidad 1200 L en corte A-A”.....	36
Ilustración 18 Vista en planta de las medidas del biotanco séptico integrado de 2000 L.....	37
Ilustración 19 Operación del biotanco séptico integrado de capacidad 2000 L en corte A-A”.....	37
Ilustración 20 Ficha técnica del biotanco séptico integrado.....	73
Ilustración 21 Ficha técnica del biodigestor autolimpiable.....	74
Ilustración 22 Punto de muestro en Biodigestor- Durán.....	75
Ilustración 23 Punto de muestro en Biodigestor-Durán.....	75
Ilustración 24 Punto de muestreo en planta Piladora de Cesa-Vía a Daule.....	76
Ilustración 25 Toma de muestra en cada punto del biotanco séptico integrado.....	76
Ilustración 26 Centro de desarrollo Infantil San Francisco de Cajas.....	77
Ilustración 27 Toma de muestra de punto de carbón activado en biotanco séptico CDI San Francisco de Cajas.....	77
Ilustración 28 Centro de Desarrollo Infantil Urku Sisa.....	78

Ilustración 29 Toma de muestra de punto de sedimentación en biotanco séptico CDI Urku Sisa.	78
Ilustración 30 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biodigestor-Durán ..	79
Ilustración 31 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanco séptico integrado- Vía a Daule- Etapa: Sedimentación.....	80
Ilustración 32 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanco séptico integrado- Vía a Daule- Etapa: Filtro de grava	81
Ilustración 33 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanco séptico integrado- Vía a Daule- Etapa: Cloración	82
Ilustración 34 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanco séptico integrado- Vía a Daule- Etapa: Carbón Activado.....	83
Ilustración 35 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanco séptico integrado- Vía a Daule- Etapa: Efluente	84
Ilustración 36 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanco séptico integrado- San Francisco de Cajas- Etapa: Sedimentación.....	85
Ilustración 37 <i>Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanco séptico integrado- San Francisco de Cajas- Etapa: Filtro de grava</i>	86
Ilustración 38 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanco séptico integrado- San Francisco de Cajas- Etapa: Cloración	87
Ilustración 39 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanco séptico integrado- San Francisco de Cajas- Etapa: Carbón Activado.....	88
Ilustración 40 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanco séptico integrado- San Francisco de Cajas- Etapa: Efluente	89
Ilustración 41 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanco séptico integrado- Urku Sisa- Etapa: Sedimentación.....	90
Ilustración 42 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanco séptico integrado- Urku Sisa- Etapa: Filtro de grava	91
Ilustración 43 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanco séptico integrado- Urku Sisa- Etapa: Cloración	92
Ilustración 44 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanco séptico integrado- Urku Sisa- Etapa: Carbón Activado	93
Ilustración 45 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanco séptico integrado- Urku Sisa- Etapa: Efluente	94

RESUMEN

El presente trabajo evalúa un tratamiento complementario al sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en sistemas plásticos compactos para poblaciones pequeñas, con base en determinación de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos. Para esto se monitorearon cuatro sistemas plásticos compactos anaerobios instalados en Región Sierra y Costa, se tomaron muestras en diferentes puntos de los sistemas plásticos compactos. Para la realización de los análisis de laboratorio se aplicó los métodos establecidos en el manual “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”. Los resultados obtenidos se comparan con la normativa ambiental vigente y determina la eficiencia de la PTAR en función de la calidad de agua del efluente y afluente. Los resultados demuestran que la falta de mantenimiento de los sistemas plásticos compactos puede ser un determinante al momento de evaluar la eficiencia de las PTAR, ya que los resultados son variables, algunos parámetros cumplen con los límites permisibles de la normativa ambiental vigente, otros no.

Palabras clave: Sistemas Plásticos Compactos, Tratamiento, Aguas Residuales, DBO5, DQO, Coliformes Fecales.

ABSTRACT

The present work evaluates a complementary treatment to the domestic wastewater treatment system in compact plastic systems for small populations, based on the determination of the physical, chemical and bacteriological parameters. For this, four anaerobic compact plastic systems installed in the Sierra and Coast Region were monitored, samples were taken at different points of the compact plastic systems. To carry out the laboratory analysis, the methods established in the manual "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" were applied. The results obtained are compared with current environmental regulations and determine the efficiency of the WWTP based on the water quality of the effluent and tributary. The results show that the lack of maintenance of compact plastic systems can be a determinant when evaluating the efficiency of WWTPs, since the results are variable, some parameters comply with the permissible limits of current environmental regulations, others do not.

Keywords: Compact Plastic Systems, Treatment, Wastewater, BOD5, COD, Fecal Coliforms.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El estudio del tratamiento de las aguas residuales es de suma necesidad imperiosa por la contaminación que causan sobre los recursos hídricos, estos se han visto afectados en su apariencia física y en su capacidad para mantener la vida acuática apropiada, que responde al balance ecológico del planeta para la preservación de nuestras masas hídricas en buenas condiciones.

Se han realizado muchos estudios sobre el tratamiento de las aguas residuales, pero cada tratamiento tiene que ser característico de la zona. Por otro lado, la mayor parte de las investigaciones son direccionadas para poblaciones grandes con sistemas de tratamiento de gran capacidad, siendo que hay muchas poblaciones de pocas viviendas que requieren una alternativa como por ejemplo un tanque séptico, pero tiene una eficiencia baja de tratamiento, por lo que necesita un complemento y es la razón de estudio de estos sistemas plásticos compactos, conseguir una calidad de agua que pueda ser descargada sin que genere contaminación al ambiente.

Objetivos

Objetivo General

Evaluar un tratamiento complementario al sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en sistemas plásticos compactos anaeróbicos para poblaciones pequeñas, con base en determinación de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos.

Objetivo Específico

1. Estudiar alternativas de tratamientos complementarias para mejorar la eficiencia del sistema.
2. Evaluar la eficiencia del tratamiento a partir de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos.
3. Comparar los resultados con la normativa ambiental vigente.
4. Recomendaciones de mejoras para los sistemas plásticos compactos.

Alcance

Se pretende identificar que incidencia genera la implementación de un biodigestor y un biotanco séptico integrado como tratamiento de las AA. RR domésticas en poblaciones pequeñas, con la finalidad de evitar descargar ilícitas hacia los cuerpos hídricos. Así mismo, se evaluaría la eficiencia que presenta al remover contaminantes mediante toma de muestra y análisis de calidad de agua, bajo los límites permisibles según la normativa ambiental.

Metodología

Se deberá realizar un levantamiento bibliográfico global que contenga información pertinente sobre los procesos inmersos dentro del tratamiento de aguas residuales. Se debe monitorear cuatro sistemas plásticos compactos anaerobios instalados, dos en Región Costa y dos en Región Sierra.

Se realizará la descripción del sistema y se monitoreará la calidad del agua del afluente y efluente para determinar la eficiencia de la PTAR. Para la realización de los análisis de laboratorio se aplicará los métodos establecidos en el manual "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". El resultado obtenido se compara con la normativa ambiental vigente y se recomendarán mejoras al sistema propuesto.

1. CAPÍTULO I: INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Caracterización de Aguas Residuales

1.1.1 *El origen de las Aguas Residuales*

Las aguas residuales se pueden definir como aquellas que, por uso del hombre, representan un peligro y deben ser desechadas, porque contienen la mayoría de los constituyentes del agua suministrada, más las impurezas adicionales del proceso productor de desechos (García & López, 2005; Noyola et. al, 2000)

García & López (2005) clasifican las AA. RR dependiendo de su origen:

- Aguas residuales domésticas: proceden de las heces y orina humanas, del aseo personal, de la cocina y de la limpieza de la casa. Suelen contener gran cantidad de materia orgánica y microorganismos, así como restos de jabones, detergentes, lejía y grasas.
- Aguas blancas: pueden ser de procedencia atmosférica (lluvia, nieve o hielo) o del riego y limpieza de calles, parques y lugares públicos.
- Aguas residuales industriales: proceden de los procesamientos realizados en fábricas y establecimientos industriales Su composición es muy variable, dependiendo de las diferentes actividades industriales.
- Aguas residuales agrícolas: procedentes de las labores agrícolas en las zonas rurales. Estas aguas suelen participar, en cuanto a su origen, de las aguas urbanas que se utilizan en numerosos lugares, para riego agrícola con o sin un tratamiento previo.

1.2 Características de las aguas residuales domésticas

Las características de las aguas residuales dependen de ciertas condiciones como: 1) variaciones en el caudal durante el año, cambian de un día a otro y fluctúan de una hora a otra, 2) tipo o sistema de alcantarillado usado, 3) diferencia en las costumbres de la comunidad portante, 4) clima, 5) tamaño de la población, entre otros. (Romero, 2004, p. 27)

1.2.1 *Características Físicas*

Las características físicas más importantes del agua residual son el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable, la materia coloidal y la materia disuelta. Otras

características físicas importantes son el olor, la temperatura, la densidad, el color y la turbiedad. (Metcalf & Eddy, 1996, p. 59)

Los sólidos suspendidos totales están compuestos por partículas orgánicas o inorgánicas. La mayor parte de los sólidos suspendidos son desechos humanos, desperdicios de alimentos, papel, trapos y células biológicas que forman una masa de sólidos suspendidos en el agua. (Valdez, E., & Vázquez, A., 2003, p. 28). Entre los efectos negativos sobre los medios hídricos receptores, está la disminución en la fotosíntesis por el aumento de la turbidez del agua, pueden conducir al desarrollo de depósitos de lodos y condiciones anaerobias.

La temperatura es un parámetro importante en aguas residuales debido a que afecta y altera la vida acuática, modifica la concentración de saturación de oxígeno disuelto y la velocidad de las reacciones químicas y de la actividad bacteriana. La tasa de sedimentación de sólidos en aguas cálidas es mayor que en aguas frías, por el cambio en la viscosidad del agua. En general los tiempos de retención para tratamiento biológico disminuyen a mayor temperatura y los parámetros de diseño son función de ella. (Romero, 2004, p. 70).

Los olores se producen por los gases liberados durante el proceso de descomposición anaerobia de la materia orgánica: ácido sulfhídrico, indol, mercaptanos y otras sustancias volátiles. El olor más característico del agua residual séptica es el debido a la presencia del sulfuro de hidrógeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios. (Metcalf & Eddy, 1996, p. 63).

La coloración de las aguas residuales domésticas determina cualitativamente el tiempo de las mismas. Si el agua es reciente suele tener un color grisáceo. Sin embargo, al aumentar el tiempo de transporte en las redes de alcantarillado y al desarrollarse condiciones más próximas a las anaerobias, el color del agua residual cambia gradualmente de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir color negro debido a la formación de sulfuros metálicos por reacción del sulfuro liberado en condiciones anaerobias con los metales presentes en el agua residual (Seoáñez, 2000).

1.2.2 Características químicas

Las características químicas de las aguas residuales pueden ser agrupadas por su naturaleza en tres grupos: materia orgánica, compuestos inorgánicos y compuestos gaseosos (Metcalf & Eddy, 1996).

Dentro de las sustancias orgánicas considerables presentes en las AA. RR domésticas son: proteínas, tenso activos, grasas y aceites.

Las proteínas son los principales componentes del organismo animal cuando estos están crudos. Todas las proteínas contienen carbono que puede ser convertido biológicamente a bióxido de carbono, ejerciendo así una demanda de oxígeno nitrogenada. La urea y las proteínas son los principales responsables de la presencia de nitrógeno en las aguas residuales que producen una demanda de oxígeno nitrogenada. (Metcalf & Eddy, 1996; Valdez, & Vázquez, 2003).

Los lípidos son los constituyentes orgánicos solubles presentes en un 10% en las aguas residuales e incluyen grasas y aceites que son los compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno que flotan en el agua residual, recubren las superficies con las cuales entran en contacto, causan iridiscencia, problemas de mantenimiento e interfieren con la actividad biológica pues son difíciles de biodegradar. (Romero, 2004).

Por otra parte, los detergentes, agentes tensos activos o agentes superficiales activos están formados por moléculas de gran tamaño, responsables de la aparición de espumas debido a la disminución de la tensión superficial del agua, en la interfaz aire-agua por la presencia de proteínas, partículas sólidas finas y sales minerales disueltas. Además, inhiben la actividad biológica y disminuyen la solubilidad del oxígeno. (Romero, 2004, p. 57).

Los compuestos inorgánicos que llegan producir un alto impacto en la contaminación de AA. RR domésticas son pocos, como: el nitrógeno y fósforo.

Los elementos nitrógeno y fósforo son esenciales para el crecimiento biológico. Siendo el nitrógeno importante para la síntesis de proteínas, es obligatorio conocer datos para evaluar la tratabilidad de las aguas residuales por tratamientos biológicos. El contenido total de nitrógeno está compuesto por nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos y nitrógeno orgánico. (Crites y Tchobanoglous, 2000, p. 50).

La presencia de nitrógeno y de fósforo en un agua propicia normalmente su eutrofización y una proliferación de algas indeseable. La eliminación del nitrógeno y del fósforo o la conversión del amoníaco a nitratos reduce el efecto adverso de su vertido. (Neethling, 1995).

Parte de las características físicas del olor se mencionó el ácido sulfhídrico siendo este un gas incoloro e inflamable que se forma en un medio anaerobio por la descomposición de ciertas sustancias orgánicas e inorgánicas. (Metcalf & Eddy, 1996). Otro compuesto que actúa bajo ciertas condiciones de temperatura es el metano, un hidrocarburo combustible, incoloro e inodoro, se produce en la descomposición anaerobia de la materia y generalmente constituye el 65% del gas de digestores. (Romero, 2004, p. 103)

1.2.3 Características biológicas

Los organismos patógenos presentes en el agua residual se diferencian según su clasificación celular siendo éstas eucariotas, eubacterias y arqueobacterias, los miembros más representativos que pueden causar enfermedades en los seres humanos dentro de las AA. RR domésticas son: virus, bacterias, protozoos y nematodos. (Metcalf & Eddy, 1996, p. 103)

Los virus son parásitos que constituyen uno de los riesgos más importantes para la salud; en general, se considera que para exterminarlos con cloro se requieren dosis superiores a la del punto de quiebre, lo cual hace necesario clorar las aguas residuales desinfectadas. Se sabe con certeza que algunos virus pueden sobrevivir hasta 41 días, tanto en aguas limpias como residuales a la temperatura de 20°C, y hasta 6 días en un río normal (Metcalf & Eddy, 1996, p. 106)

En cuanto a las bacterias, son microorganismos unicelulares, comúnmente sin color y constituyen la menor forma de vida capaz de sintetizar el protoplasma a partir de su ambiente. Pueden tener forma cilíndrica o de bastón (bacilos), oval o esférica (cocos) o espirales (espirilos). Desempeñan un rol importante dentro del proceso de descomposición y estabilización de la materia orgánica, tanto en el marco natural como en las plantas de tratamiento. Uno de los parámetros que indican contaminación por desechos humanos es conocido como coliformes. (Valdez, & Vázquez, 2003; Metcalf & Eddy, 1996)

En cambio, los protozoos son organismos unicelulares, aerobios o anaerobios facultativos, de tamaño mayor al de las bacterias y con frecuencia se usan como fuente de energía. Es por eso que los protozoos son usados para el pulimento de los efluentes de procesos de tratamiento biológico, al alimentarse de bacterias y materia orgánica particulada. (Crites y Tchobanoglous, 2000, p. 79)

Los nematodos son predadores de bacterias dispersas y protozoos, pero también pueden aparecer formas saprozoicas capaces de alimentarse de la materia orgánica disuelta e incluso de la materia de los flóculos. Son frecuentes en plantas con tiempo de retención medios altas y en filtros percoladores. (Buitrón et al, 2017)

Los nematodos son afectados por las condiciones ambientales. Las condiciones anóxicas afectan su natación y crecimiento. Las fluctuaciones de temperatura afectan directamente su crecimiento y supervivencia. Sirven como indicadores de la variación de la crudeza y composición del agua residual, su inactividad o languidez podrían indicar un bajo nivel de OD o la presencia de desechos tóxicos. (Spellman, 2009)

1.3 Tratamiento de Aguas Residuales

En el pasado, la evacuación de las aguas residuales era nula e ineficiente, los griegos crearon letrinas que drenaban hacia la red de cajas enterradas construidas de losas de piedra conectadas hacia un depósito de recolección fuera de la ciudad, destinado al uso agrícola. Los Romanos decidieron tener redes a gravedad, individuales para agua potable y residual. En 1832, debido a una epidemia de cólera en París y Londres, obligó al diseño y construcción de un sistema adecuado de alcantarillado, aunque el efluente descargaba en el río Támesis. Durante la primera mitad del siglo XX, los ríos sobre los cuales eran descargadas las aguas residuales eran considerados como parte integral del proceso de tratamiento.

La razón por la cual se requieren cinco días para la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se debe a que este era el tiempo máximo requerido en los ríos del Reino Unido, antes de llegar al mar.

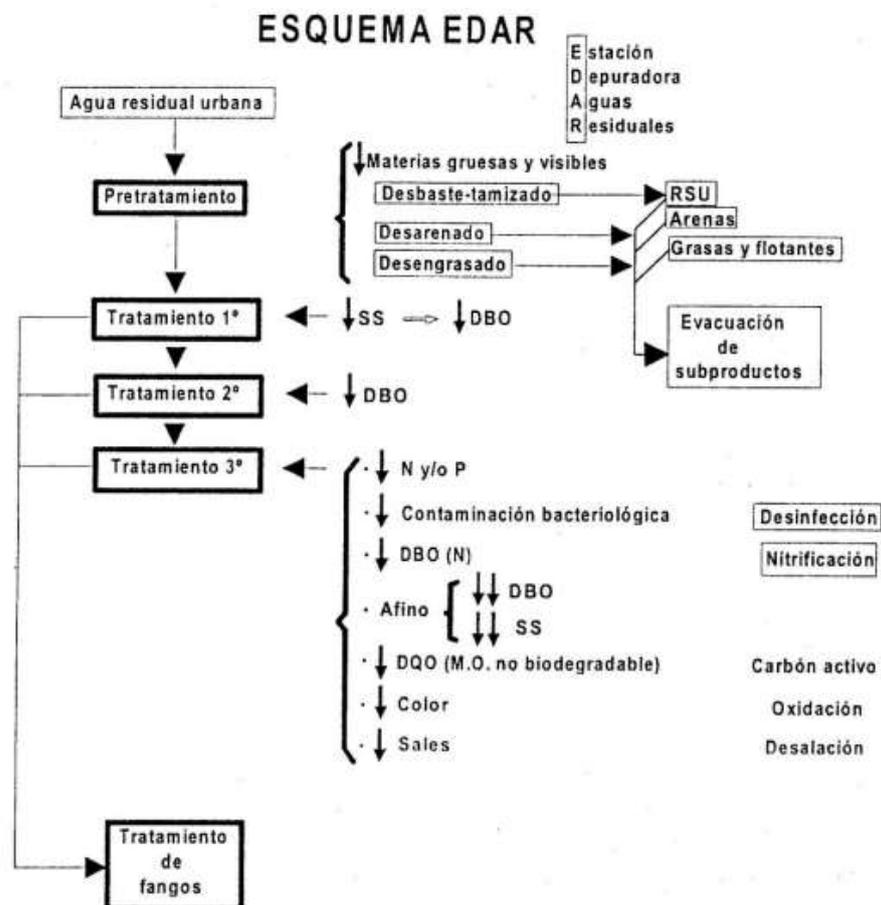
Niveles de tratamiento de aguas residuales

El diseño y la operación de una instalación de tratamiento de aguas residuales requieren un entendimiento de las operaciones unitarias que

emplean procesos físicos, químicos y biológicos para eliminar constituyentes específicos de la calidad del agua mencionados en la caracterización de las AA. RR. Sus principales objetivos: 1) mantener un balance ecológico satisfactorio y asegurar la protección de la biósfera. 2) evitar daños a los abastecimientos públicos, privados e industriales de suministro de agua. 3) perjuicios a la agricultura y depreciación del valor de la tierra. Según (Romero, 2004), para poder seleccionar procesos de tratamientos es necesario conocer el grado de purificación o el límite permisible, costo, compatibilidad con las facilidades existentes, dependiendo del uso que se desea para el agua tratada.

El esquema EDAR presente en la Ilustración 3, refiere los pasos básicos para el tratamiento de aguas residuales y su influencia en la remoción de contaminantes.

Ilustración 1 Esquema de una estación depuradora de aguas residuales.



Fuente: Tejero et al. (2000)

1.3.1 Pre tratamiento

Las aguas residuales traen consigo una gran cantidad de sólidos ya sean latas, botellas, plásticos, trapos, ladrillos, piedras, etcétera. Todos estos materiales si no son eliminados eficazmente, pueden producir serias averías en los equipos y desgaste de las tuberías de las conducciones. La mayoría de autores indican una serie de tratamientos preliminares, pero todos coinciden en la importancia del desbaste, desarenado y desengrasado.

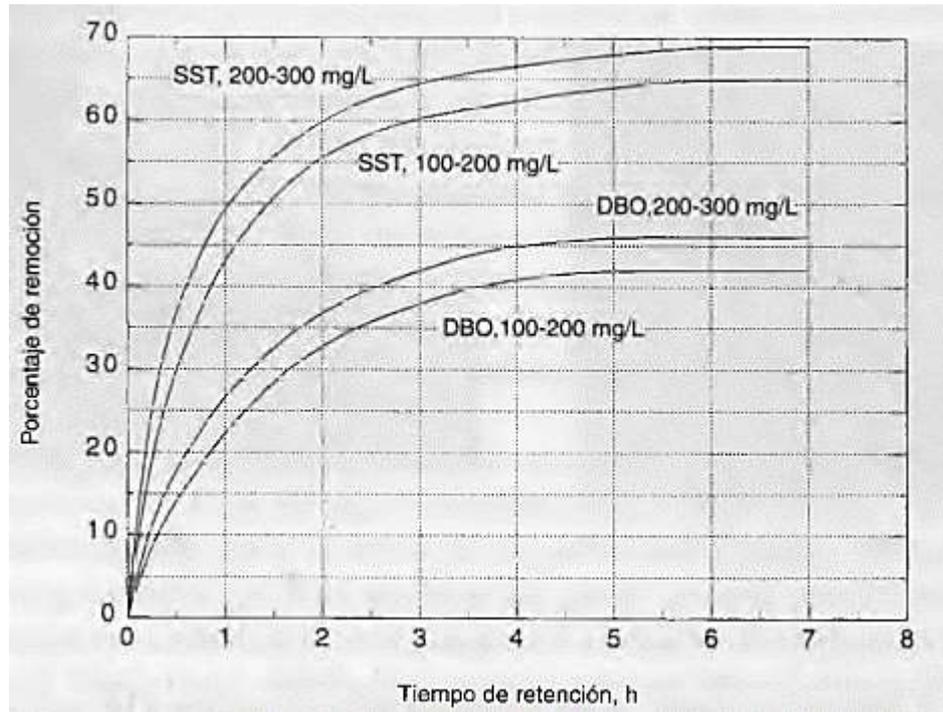
- Desbaste: El proceso basa su operación en un principio físico: los sólidos con tamaño superior a la luz de paso del mecanismo quedarán retenidos y deben ser retirados, mientras que los que tienen un tamaño menor pasarán.
- Desarenado: El desarenado consiste en un proceso en el que se produce una separación por decantación diferencial o selectiva, de todos aquellos sólidos en suspensión de densidad elevada (compuestos inorgánicos), impidiendo la sedimentación de la materia en suspensión de baja densidad (naturaleza orgánica).
- Desengrasadores: El objeto de la operación de desengrasado es eliminar las grasas, aceites, espumas y demás materias flotantes más ligeras que el agua, que de otra forma podrían distorsionar los procesos de tratamiento posterior. El desengrasado se realiza mediante insuflación de aire, para desemulsionar las grasas y conseguir mejor flotación de estas.

1.3.2 Tratamiento primario

Tiene como objetivo la remoción por medios físicos o mecánicos de una parte sustancial del material sedimentable o flotante. Es decir, el tratamiento primario es capaz de remover no solamente la materia que incomoda, sino también una fracción importante de la carga orgánica y que puede representar entre el 25% y 40% de DBO y entre 50% y 70% de sólidos suspendidos. (Mihelcic & Zimmerman, 2012)

El primer tratamiento importante que sufren las aguas residuales después de las precedentes fases preliminares es, la sedimentación de los sólidos suspendidos por un lapso de 0,5 a 3 horas, aunque también influye en la disminución de Demanda bioquímica de oxígeno como se muestra en la Ilustración 2. (Crites y Tchobanoglous, 2000)

Ilustración 2 Valores usuales para la remoción de DBO y SST en tanque de sedimentación primaria.



Fuente: Crites y Tchobanoglous, 2000 adaptado de Greeley, 1938.

Con base en la concentración de partículas y la tendencia de éstas a interactuar entre sí, se pueden presentar cuatro clases de sedimentación que se indican en la Tabla 1. (Valdez & Vázquez, 2003; Crites y Tchobanoglous, 2000).

Tabla 1 *Clases de sedimentos.*

Fenómeno de separación	Descripción	Aplicaciones/Ocurrencia
Sedimentación de partículas discretas (tipo 1)	Se dan en un campo de baja concentración de sólidos con aceleración constante y las partículas se sedimentan individualmente por gravedad.	Remoción de arenas del agua residual.
Sedimentación de partículas floculentas (tipo 2)	Ocurre en un campo más diluido, donde las partículas se aglutinan o flocculan durante la sedimentación, por esta razón aumentan de masa y se asientan a mayor velocidad.	Remoción de una fracción de los SS durante sedimentación primaria y en la parte superior de los sedimentadores secundarios. También remueve los flóculos químicos de los sedimentadores
Sedimentación interferida o zonal (tipo 3)	Sucede en campos concentrados o donde las partículas son cercanas entre sí, las velocidades se traslapan y produce un desplazamiento del agua hacia arriba a medida que se asientan.	Presente en sedimentación secundaria, parte del tratamiento biológico.
Separación por flotación	Remoción por flotación de partículas en suspensión con peso específico menor al del agua.	Remoción de grasas, aceites y material flotante. Se emplea también en espesadores de lodos.

Fuente: Adaptado de Valdez & Vazquez, 2003; Tchobanaglou & Burton 1991.

Crites y Tchobanoglous (2000) describe: “La sedimentación de partículas discretas no floculentas se puede analizar por medio de las leyes clásicas de sedimentación formuladas por Newton y Stokes.”

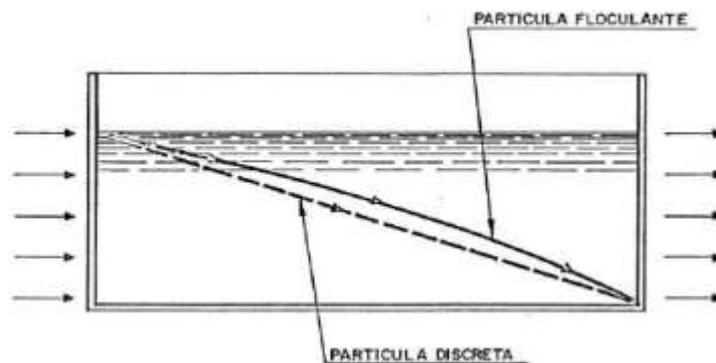
La ley de Newton es la igualación de la fuerza de gravedad con la fuerza de arrastre de una partícula en suspensión. Mientras que la fuerza de gravedad depende de la densidad de la partícula del agua y de la partícula, aceleración por la gravedad y volumen de partículas; la fuerza de arrastre es función de la velocidad y diámetro de la partícula, densidad y viscosidad del fluido, coeficiente de arrastre que varía en dependencia del régimen de flujo laminar, transición y turbulento. (Valdez & Vazquez, 2003)

La ley de Stokes se fundamenta de las fórmulas del coeficiente de arrastre, número de Reynolds y ley de Newton, se obtiene la velocidad de caída de las partículas, pero presenta tres inconvenientes: 1) el peso específico de todas las partículas no es el mismo al tratarse de sólidos de diferente composición. 2) las partículas no son esféricas ni de sección circular. 3) el tamaño y la forma geométrica de las partículas es diferentes de unas a otras (Fernández, 2015, p. 4).

En la sedimentación tipo I donde decantan de forma individual, equilibrando las fuerzas que actúan sobre las partículas adquiriendo una velocidad constante, que, bajo ciertas hipótesis ya mencionada, viene dada por la Ley de Stokes.

Esa velocidad teórica se asume como velocidad final de caída de partículas, se diseña el tanque, de tal manera que las partículas con velocidad mayor a la velocidad ascensional de agua se eliminen por la sedimentación.

Ilustración 3 Trayectoria de partícula flotante y discreta.



FUENTE: Fernández (2015).

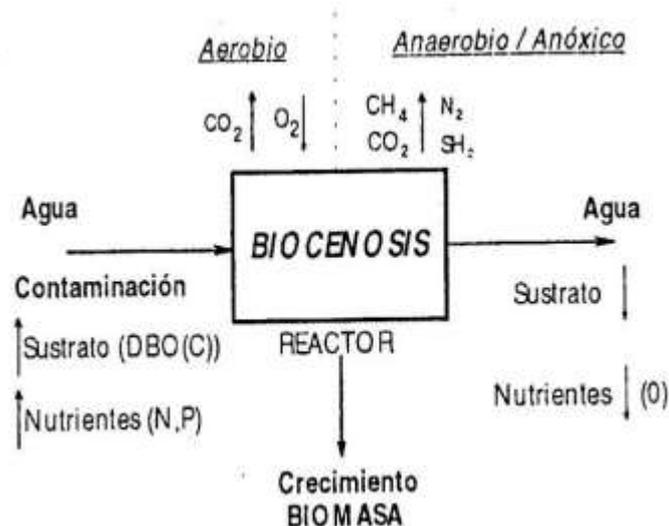
1.3.3 Tratamiento secundario

El tratamiento secundario o tratamiento biológico tiene como objetivo principal la de materia orgánica coloidal como la materia orgánica disuelta. El proceso se basa en que microorganismos adecuados consuman la materia orgánica, mediante la coagulación. Después de un proceso biológico el efluente pasa a una sedimentación secundaria con el fin de eliminar el floculo biológicos que se ha generado.

La depuración biológica en las aguas residuales se lleva a cabo mediante la eliminación de los contaminantes biodegradables por medio de una biocenosis que procesa y genera nuevo tejido celular ($C_5 H_7 NO_2$) y

gases como, anhídrido carbónico (CO₂), en ambiente aerobio y metano en ambiente anaerobio, nitrógeno y sulfhídrica en ambiente anóxico (Tejero S. T., 1992). El proceso de la Ilustración 6 menciona ambientes, aerobios, anaerobios y anóxicos.

Ilustración 4 *Depuración biológica.*



FUENTE: Tejero (1992).

Existen cinco grupos principales de procesos biológicos: procesos aerobios, anaerobios, anóxicos, anóxicos combinados y de lagunaje. En los procesos de tratamiento aerobio el tratamiento se efectúa en presencia de oxígeno. Los procesos anaerobios son aquellos en los cuales el tratamiento biológico ocurre en ausencia de oxígeno molecular. En cambio, el proceso anóxico utiliza oxígeno cuando está presente, pero pueden utilizar otro aceptos de electrones cuando no lo está.

Proceso aerobio

En el proceso aerobio, las enzimas para la reducción del oxígeno (O₂ como aceptor de electrones) son siempre inducidas. Las bacterias son los organismos más importantes en el tratamiento aerobio porque son excelentes oxidadores de la materia orgánica y crecen bien en aguas residuales, siendo capaces de formar una capa floculenta gelatinosa de muy buenas características para la remoción de la materia orgánica. En la oxidación biológica aerobia, el O₂ libre es esencial para los organismos aerobios como agente para la oxidación de compuestos orgánicos en CO₂.

La oxidación biológica aerobia o respiración aerobia está constituida por las reacciones de oxidación biológica en las cuales el oxígeno molecular es el aceptador final de electrones; este es el proceso por el cual se transportan electrones del donante oxidable al oxígeno molecular para obtener la energía requerida para el crecimiento de los organismos aerobios. El oxígeno molecular libre es agregado al sustrato, materia orgánica, ocurriendo la oxidación o mineralización del residuo. La reacción es muy eficiente porque libera grandes cantidades de energía; esta energía es almacenada en la biomasa sintetizada y los residuos de dicho catabolismo son compuestos estables de bajo contenido energético

Las ventajas de un tratamiento aerobio según (Romero, 2004, pag. 246), son las siguientes:

- Ausencia de olores
- Mineralización de todos los compuestos biodegradables.

(Romero, 2004, pag. 246), también menciona desventajas, tales como:

- Tasa alta de síntesis celular y, por consiguiente, alta producción de lodos.
- Requiere mucha energía eléctrica para oxigenación y mezcla.
- Gran proporción de células en los lodos que hace, en algunos casos, necesaria su digestión, antes de secarlos y disponerlos.

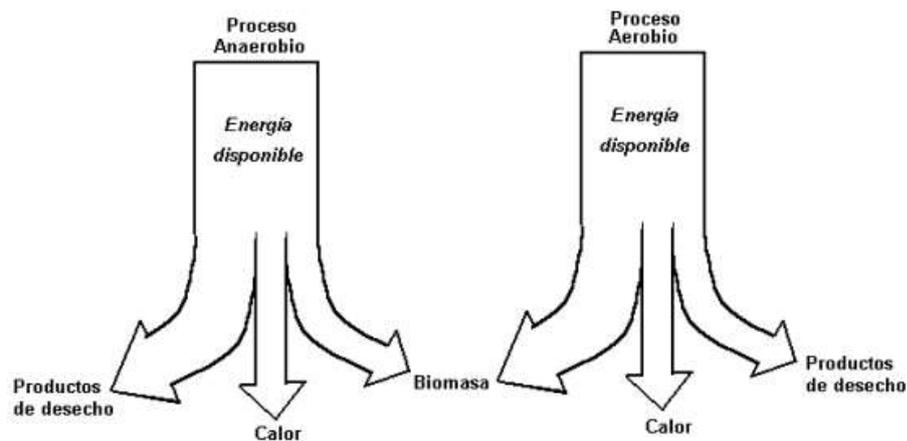
Proceso anaerobio

Descompone y oxida compuestos orgánicos sin la presencia de oxígeno libre, para obtener la energía requerida para el crecimiento y mantenimiento de los organismos anaerobios. Tiene menor eficiencia debido a que la mayoría de la energía liberada durante el catabolismo anaerobio permanece en los productos finales orgánicos como el metano, generando una cantidad de biomasa menor que la producida en el proceso aerobio (ver Ilustración 5). Utilizan aceptadores de electrones como sulfatos y CO₂ que no necesitan oxígeno y nitratos (Romero, 2004).

Ocurren procesos de descomposición anaerobia como la desnitrificación de nitratos, respiración de sulfatos, hidrólisis, fermentación acetogénica y metanogénica. La descomposición de materia orgánica dentro

del proceso anaerobio se da en 2 etapas: fermentación de ácidos donde las proteínas, grasa y carbohidratos son hidrolizados y biooxidados para convertirlos en ácidos orgánicos de cadena corta, mientras que la fermentación metanogénica bajo condiciones anaerobias convierte los productos de la fermentación ácida en CO₂ y CH₄ (Romero, 2004).

Ilustración 5 Balance de energía en el metabolismo.



FUENTE: Valdez & Vazquez, 2003 adaptado de Steele & McGhee.

Las ventajas de un tratamiento anaerobio según (Romero, 2004, pag. 246; Ramalho, 1996, pag. 504), son las siguientes:

- Tasa baja de síntesis celular, esto significa que se produce menos biomasa por unidad de reducción de sustrato y en consecuencia se presentan ahorros considerables en los procesos de manejo y evacuación del exceso de lodo. Esto significa también un menor requisito de nutrientes.
- La producción de metano en los procesos anaerobios es una ventaja debido a su valor como combustible, con un valor calorífico de aproximadamente 36.500 Kj/m³.
- No requiere oxígeno. Por tanto, usa poca energía eléctrica y es especialmente adaptable a aguas residuales de alta concentración orgánica.
- Hay preservación de la actividad de los microorganismos anaerobios, incluso si el digestor no ha sido alimentado durante largos períodos de tiempo.

(Romero, 2004, pag. 246; Ramalho, 1996, pag. 504), también menciona desventajas, tales como:

- Es un proceso más lento que la digestión aerobia, pero al usar material granular puede acelerar el proceso.
- Es más sensible a cambios por tóxicos.

Dentro del tratamiento secundario en los procesos anaerobios se puede utilizar un medio filtrante como piedra triturada angulosa o redonda (grava sin picos, de tamaño entre 4-7cm), materiales cerámicos, vidrios, ladrillos, poliésteres y poliuretano (Navarro, 2008). Actualmente existen alternativas no convencionales, como son la guadua, el bambú, la cáscara de coco, tejas de barro, escoria de alto horno, segmentos de manguera corrugada y otros de más eficiencia como los anillos sintéticos y las matrices plásticas de flujo cruzado o tubular. (Navarro, 2008 y Chernicharo, 2007)

En algunos proyectos en Colombia han implementado un medio plástico filtrante conocido como rosetón, medio de contacto rugoso para biomasa usado en tratamiento de aguas residuales domésticas o con alto contenido de carga orgánica.

Chernicharo (2007) indica que la finalidad del material de soporte es retener sólidos en el interior del reactor de tres formas: 1) como una biopelícula sobre la superficie de dicho material, 2) suspendida dentro de sus espacios vacíos o 3) debajo del medio como una masa de lodos granulada o floculada. Según Romero (2004) la mayor parte de la biomasa se acumula en los vacíos intersticiales existentes entre el medio que permanece sumergido en el agua residual, lo cual permite una concentración de biomasa alta que produce tiempos de retención hidráulica largos y un efluente clarificado, el espesor de la biopelícula es de 1 a 3 mm.

Proceso anóxico

La fermentación anóxica o proceso de respiración de nitrato está definida como el conjunto de reacciones de reducción del nitrato o nitrito, en las cuales éstos se utilizan como aceptadores de electrones, en ausencia de oxígeno libre (Romero, 2004)

El proceso también se conoce como desnitrificación anaerobia, pero como las vías principales de conversión bioquímica no son aerobias sino una modificación de las vías aerobias. La única diferencia entre la respiración aerobia y la anóxica radica en la enzima que cataliza la transferencia final de electrones. Para promover la desnitrificación se debe excluir el oxígeno; de lo

contrario, si existen simultáneamente oxígeno y nitrato, los microorganismos prefieren el oxígeno como aceptador de electrones (Romero, 2004)

En los procesos de tratamiento anóxicos, los microorganismos usan el oxígeno fijo en compuestos de nitrato como fuente de energía. El proceso produce más organismos y remueve nitrógeno de las aguas residuales, convirtiendo este en gas nitrógeno que es liberado al aire (Spellman, 2006, p.350)

Consideraciones ambientales

Según (Romero, 2004) en todo proceso biológico se desarrolla de manera apropiada si se les provee, lo siguiente:

- Nutrientes suficientes
- Ausencia de compuestos tóxicos
- Condiciones ambientales apropiadas

En general las bacterias requieren, principalmente, carbono, nitrógeno, hidrógeno y oxígeno; en menor proporción fósforo, azufre, potasio, calcio, hierro y magnesio, y como suplemento nutricional cantidades mínimas de zinc y molibdeno. Comúnmente, las aguas residuales domésticas contienen los nutrientes requerido para el crecimiento bacterial (Romero, 2004, p. 249)

En los procesos aerobios se considera de gran importancia mantener una concentración adecuada de oxígeno disuelto, generalmente mayor de 1 mg/L. En los procesos anaerobios debe haber ausencia total de oxígeno. En todo proceso, la temperatura y el grado de mezcla son factores de gran influencia, además para asegurar que los microorganismos crezcan y se les debe permitir una permanencia en el sistema o proceso de tratamiento suficiente para su reproducción; dicho periodo depende de su tasa de crecimiento, lo cual es función directa de la tasa a la cual utilizan o metabolizan el residuo, es decir que si se provee un medio ambiental adecuadamente controlado se puede asegurar una estabilización efectiva del residuo mediante el control de la tasa de crecimiento de los microorganismos (Romero, 2004, p. 250)

En el tratamiento biológico, las enzimas o catalizadores bioquímicos son necesarios para la descomposición, y su acción es afectada por la temperatura y por el pH. En general, la mayoría de las enzimas requieren pH entre 3,5 y 9,5. La temperatura del agua residual por tratar afecta los

requerimientos de oxígeno en el proceso aerobio, la producción de lodos y el volumen que necesita el reactor biológico. La temperatura es un factor muy importante en la evaluación del rendimiento global de un proceso de tratamiento biológico, pues altera la actividad metabólica del microorganismo, la tasa de transferencia de oxígeno y las características de sedimentación de lodos (Romero, 2004, pp. 250-252)

En los procesos anaerobios es muy importante el control del pH porque las bacterias del metano operan solamente en el intervalo de pH 6,5 a 7,5; la sobreproducción de ácidos o la acumulación de hidrógeno puede disminuir el pH e inhibir la actividad de las bacterias del metano, así como de las productoras de ácidos, deteniendo el proceso en estados intermedios, son el desarrollo subsecuente de compuestos indeseables y olorosos (Romero, 2004, p. 252)

La mayoría de los sistemas biológicos aerobios operan favorablemente con pH entre 6,5 y 8,5. Los procesos de nitrificación requiere suficiente alcalinidad para reaccionar con el ion de hidrógeno producido. Los cambios en el pH de un proceso de tratamiento de aguas son indicadores del estado o predominio de una actividad o reacción y, por tanto, ayudan al ingeniero a interpretar y valorar las condiciones del proceso (Romero, 2004, p. 252)

1.3.4 Tratamiento terciario

Según (Tejero D. T., 1992) indica que el tratamiento terciario puede tener diversos fines depende el proceso que se requiera. Se puede perseguir los siguientes fines:

- Disminución de microorganismos fecales y gérmenes patógenos.
- Disminución de la demanda de oxígeno, mediante el proceso de nitrificación se elimina la materia orgánica nitrogenada.
- Precipitación de fósforo mediante por insolubilización.
- Eliminación de materia orgánica refractaria aplicando el proceso de adsorción con carbón activo.

Si el efluente obtenido de los tratamientos previos no cumple con las normativas ambientales es obligatorio un tratamiento químico. Existe procesos que se puede aplicar como la desinfección del efluente generalmente con cloro, aunque también se ha utilizado, el bromo y el yodo,

nitrificación y desnitrificación, coagulación, filtración adsorción y procesos de membrana.

El cloro es un elemento gaseoso amarillo verdoso, dentro de la tabla periódica se encuentra en el grupo 17. Es un elemento activo, que reacciona con agua, con compuestos orgánicos y con varios metales. Su mecanismo empieza por dañar la pared celular, altera la permeabilidad de las células y la naturaleza coloidal del protoplasma, luego inhibe la actividad enzimática. Pero influyen ciertos factores como el tiempo de contacto, que dependiendo de la concentración de desinfección y del tiempo dará como resultado una mortalidad alta o baja de los patógenos; los agentes físicos como el calor y la luz; y la temperatura.

Los compuestos de cloro más empleados en las PTAR son el cloro gas, el hipoclorito sódico, el hipoclorito de calcio, y el dióxido de cloro que no reacciona con el amoníaco, cada uno tiene diferencias en sus características como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2 *Propiedades de las diferentes presentaciones del cloro.*

Nombre y fórmula	Nombre comercial	Características	%Cloro	Estabilidad en el tiempo	Seguridad
Cloro gas Cl ₂	Cloro gaseoso	Gas a presión	99,5%	Muy buena	Gas altamente tóxico
Hipoclorito de sodio NaClO	Blanqueador líquido	Solución líquida amarillenta	1 al 15% máximo	Baja 2 a 4% por mes	Corrosivo
	Por electrolisis en sitio	Solución líquida amarillenta	0,1 – 0,6%	Baja	Oxidante
Hipoclorito de calcio Ca(ClO) ₂	HTH	Polvo granular y tabletas	Polvo 20-35% Granulado 65-70% Tabletas 65-70%	Buena 2 – 2,5% por año	Corrosivo

FUENTE: Desinfección de aguas. OPS/CEPIS/OMS.

1.4 Disposición de lodos

Los contaminantes contenidos en las aguas residuales pasan a las plantas de tratamiento donde se eliminan en gran medida por la absorción en el lodo producto de un tratamiento fisicoquímico o biológico. El lodo resultante de estos procesos debe someterse a un análisis para determinar sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad y biológico-infecciosas, lo que permitirá precisar si el lodo es considerado como un residuo peligroso o como un residuo no peligroso y con base en esto, plantear las alternativas para el manejo y disposición del mismo.

La composición de los lodos generados en el tratamiento de aguas residuales domésticas se muestra en la Tabla 3, observándose que sus características varían en función del proceso que da origen a los lodos.

Tabla 3 Caracterización y composición de lodos.

Parámetros	Lodos primarios	Lodos secundarios	Lodos digeridos
pH	5,5-6,5	6,5-7,5	6,8-7,6
Contenido de agua (%)	92-96	97-5-98	94-97
SSV (%ss)	70-80	80-90	55-65
Grasas (%ss)	12-14	3-5	4-12
Proteínas	4-14	20-30	10-20
Carbohidratos	8-10	6-8	5-8
Nitrógeno	2-5	1-6	3-7
Fósforo	0,5-1,5	1,5-2,5	0,5-1,5
Bacterias patógenas	103-105	100-1000	10-100
Metales pesados	0,2-2	0,2-2	0,2-2

FUENTE: Hernández M. A (1992).

Los lodos primarios se producen en la sedimentación primaria, en la cual se remueven sólidos sedimentables. La cantidad depende de la carga superficial o tiempo hidráulico de retención.

Los lodos secundarios se producen en procesos de tratamiento biológicos que convierten residuos o substratos solubles en biomasa. También incluyen la materia particulada que permanece en el agua después de la sedimentación primaria y que se incorpora en la biomasa.

1.5 Tratamientos compactos

Una alternativa para la depuración de aguas residuales domésticas son tratamientos compactos, compuesto de varios procesos internos, instalados cuando no se dispone de grandes extensiones de terreno. Entre estos se encuentran:

- Tanque Séptico: Es una opción rentable y a largo plazo para tratamiento de aguas residuales, particularmente en áreas menos densamente pobladas. (EPA, 2018).

Los porcentajes de remoción de DBO y SS que suelen obtenerse con los tanques sépticos de un compartimento son de 30 y 60 % respectivamente. Por ello, es importante mencionar que su efluente se caracteriza por un alto contenido de nutrientes, gérmenes entéricos y, en general, materia orgánica. Por lo anterior, es necesario someterlo a un proceso complementario antes de su disposición final (CONAGUA, 2016).

- Plantas paquete: Son tratamiento prefabricados utilizados para el tratamiento de aguas residuales en comunidades pequeñas o en propiedades privadas. Los tipos más comunes de plantas de paquete son plantas de aireación extendida, reactores discontinuos secuenciales, zanjas de oxidación, plantas de estabilización de contacto y procesos físicos/químicos. (Metcalf and Eddy, 1991).

1.6 Parámetros de calidad de agua

Según el CPE INEN (1995) indica que para la caracterización de aguas residuales domésticas se procederá, para cada descarga importante, a realizar por lo menos cinco, campañas de medición y muestreo horario de 24 h de duración, con determinación de caudal y temperatura del campo. Las campañas deben efectuar en días diferentes. En las muestras preservadas y compuestas se procederá a la determinación de por lo menos los siguientes parámetros:

- DBO 5 días y 20°C
- Demanda química de oxígeno
- Coliformes fecales

- Sólidos totales y en suspensión
- Nitrato -Nitrito

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

En términos generales, la demanda bioquímica de oxígeno es definida como la cantidad de oxígeno disuelto consumido por los microorganismos presentes en el agua residual mientras asimilan y oxidan la materia orgánica presente, en unas determinadas condiciones de ensayo (20°C, presión atmosférica, oscuridad y muestra diluida con agua pura manteniendo condiciones aerobias durante la prueba) por 5 días.

Demanda química de oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno (DQO) se usa para medir el oxígeno equivalente a la materia orgánica oxidable químicamente mediante un agente químico oxidante fuerte. Es útil como parámetro de concentración orgánica en aguas residuales domésticas y se puede realizar en sólo unas tres horas. (Romero, 2004)

Coliformes fecales

Los coliformes fecales son un subgrupo de los coliformes totales, se denominan termo tolerantes por su capacidad de soportar temperaturas más elevadas. Aproximadamente el 95% del grupo de los coliformes presentes en heces fecales, están formados por *Escherichia coli* y ciertas especies de *Klebsiella*. (Madigan y col., 1997)

Sólidos totales y sólidos en suspensión

Los sólidos suspendidos totales están constituidos por la biomasa y la materia particulada. La biomasa está compuesta por la fracción activa y la fracción inerte, residuo orgánico procedente de la desaparición de biomasa. (Ferrer, 2008)

Nitrato- Nitrito

El nitrato representa un estado de mayor oxidación del nitrógeno. Las bacterias autótrofas convierten el amoníaco en nitrito y luego en nitrato en condiciones aeróbicas; los rayos convierten grandes cantidades de nitrógeno atmosférico (N₂) directamente en nitrato. La reducción bacteriana del nitrato también puede producir nitrito en condiciones anaeróbicas. (HACH, 2023)

El nitrógeno de nitrito se presenta como una etapa intermedia en la descomposición biológica del amoníaco/amonio. Las bacterias autótrofas

convierten el amoníaco en nitratos en condiciones óxicas (aeróbicas). (HACH, 2023)

1.7 Marco normativo ambiental en Ecuador

El país obliga mediante normativas la gestión y calidad de las aguas residuales provenientes de la PTAR en dependencia de los límites de descarga permisibles hacia un cuerpo de agua dulce o marina y su uso.

- TULSMA en su libro VI, Anexo 1. Su Registro Oficial N725 con el suplemento N°2
- SENAGUA – Ley de Recursos Hídricos y la Norma CO 10.7 – 602- REVISIÓN NORMA DE DISEÑO PARA SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE, DISPOSICIÓN DE EXCRETAS Y RESIDUOS LÍQUIDOS EN EL ÁREA RURAL.
- CÓDIGO DE PRÁCTICA ECUATORIANA CPE INEN 5 PARTE 9-1: 1992.

Actualmente en el Ecuador, no se cuenta con normativa para lodos residuales, sin embargo, la Norma TULSMA, como el Reglamento para el Manejo de Desechos, indican que los entes encargados de la producción de desechos peligrosos y no peligrosos deben propender por la disminución y/o su aprovechamiento de estos desechos.

Al no contar con una norma ecuatoriana que permita revisar los límites de caracterización de los biosólidos, se revisarán las tendencias normativas a nivel internacional.

- US-EPA CFR 40 PARTE 503, 1995.

2. CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN

Para el presente estudio se monitoreó cuatro sistemas plásticos compactos para el tratamiento AA. RR domésticas: biodigestor y biotanque séptico integrado.

El biodigestor prefabricado de 600 litros está ubicado en la Coop. El Ejército mz. 7 sl. 14 pertenece al Cantón Durán cerca del Paseo Shopping Durán. La casa donde se encuentra instalado el sistema plástico compacto es de la familia de Miguel Naula constituida por 10 personas. Las calles son lastradas afectadas por la época invernal, no cuenta con sistema de alcantarillado ni agua potable, el agua es suministrada mediante el sistema de tanquero.

El biodigestor recibe solo aguas residuales provenientes del inodoro. El efluente del biodigestor fluye hacia un pozo séptico instalado en el patio del domicilio.

Ilustración 6 Ubicación del biodigestor en el cantón Durán.



Fuente: Autor

Los biotanques sépticos integrados se encuentran instalados y monitoreados; 1 en Región Costa y 2 en Región Sierra.

En la Región Costa, el biotanque séptico integrado de 2000 litros está instalado en el Recinto Flor de María, km 51 vía Daule Balzar desde el 2021. El lugar es una Piladora de Cesa, pertenece a la empresa AGROSEM, se encuentra a diez minutos de la carretera vía Daule-Balzar, la vía de entrada hacia la Piladora se encuentra asfaltada, cuenta con agua potable pero no disponen de sistema de alcantarillado. Pero, las oficinas administrativas se

encuentran ubicadas aproximadamente a unos 60 metros de distancia del Río Daule, por lo que para tratar las aguas residuales domésticas de las oficinas se instaló el biotanco séptico, cuyo efluente desemboca en el Río Daule. Se estima que laboran 12 personas a partir del mediodía.

Ilustración 7 *Ubicación del biotanco séptico integrado en Piladora de Cesa.*



Fuente: Autor

En la Región Sierra, el biotanco séptico integrado tiene un volumen 1200 litros, se encuentra instalado en el Centro Desarrollo Infantil Urku Sisa y San Francisco de Cajas, ambos en el Cantón Cayambe de la Provincia de Pichincha y tienen un tiempo de funcionamiento de 5 meses.

El CDI San Francisco de Cajas está ubicado parroquia Ayora. La vía de ingreso es empedrada, el sector cuenta con agua potable pero no dispone de sistema de alcantarillado. Este biotanco de 1200 litros dispone de un serpentín a diferencia del instalado en la Piladora de Cesa y del CDI Urku Sisa. Abastece para 2 personas adultas y 10 niños entre 1 a 3 años, solo recibe descarga de lavamanos e inodoro y para evitar que se mezcle con las aguas lluvias se ha instalado un techo para los lavamanos, su efluente descarga en un sistema en forma de cubo, material de polipropileno con una estructura de celdas que almacena agua. Posteriormente dependiendo de su uso se infiltra en el suelo o conservada para ser utilizada en riego.

Ilustración 8 Ubicación del biotanque séptico integrado en CDI San Francisco de Cajas.



Fuente: Autor

El CDI Urku Sisa está ubicado en la parroquia Cangahua. La vía de ingreso es empedrada, el sector cuenta con agua potable, el agua es suministrada desde una vertiente, pasa por una pequeña planta de potabilización que solo cuenta con tratamiento de cloración, pero no cuentan con un sistema de alcantarillado. Este biotanque de 1200 litros no dispone de un serpentín a diferencia del instalado en el CDI Francisco de Cajas. Abastece para 4 personas adultas y 10 niños entre 1 a 3 años, solo recibe descarga de lavamanos e inodoro y en este centro aún no se ha instalado el techo del lavamanos para prevenir que el agua lluvia se mezcle con AA. RR domésticas, su efluente descarga en un sistema de infiltración hacia los sembríos.

Ilustración 9 Ubicación del biotanque séptico integrado en CDI Urku Sisa.

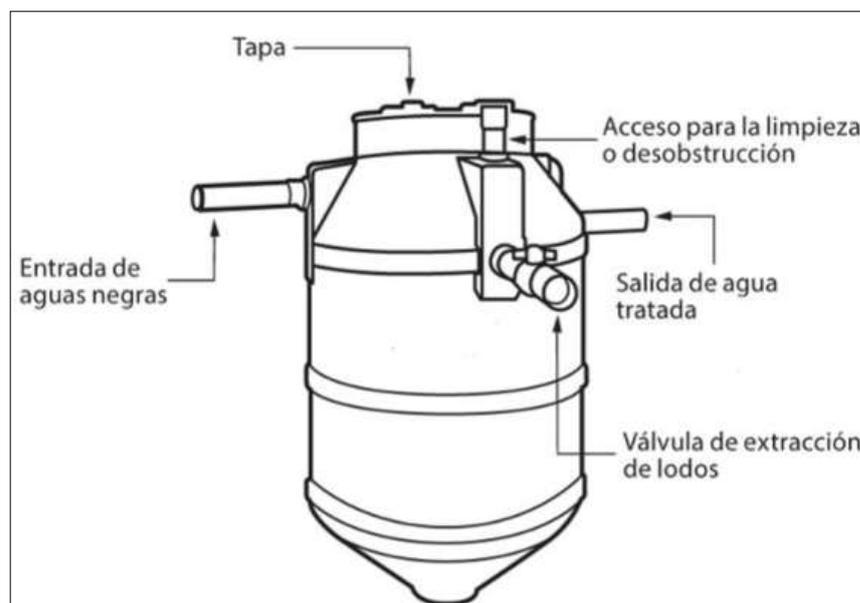


Fuente: Autor

2.1 CARACTERÍSTICAS DEL BIODIGESTOR

El biodigestor prefabricado es un sistema para el tratamiento primario de las aguas residuales domésticas, mediante un proceso de retención y degradación séptica anaerobia de la materia orgánica.

Ilustración 10 Biodigestor Prefabricado



FUENTE: Ficha técnica según el distribuidor del biodigestor, (2014). En la Tabla 4, se menciona las dimensiones del biodigestor prefabricado, que actualmente existen en el mercado, en función a su capacidad.

Tabla 4 Dimensiones del biodigestor en función de sus capacidades.

Dimensiones						
Capacidad	A (diámetro)	B (altura)	C (Ingreso 4")	D (salida 2")	E (salida lodos 2")	F (altura lodos)
600 L	0.88 m	1.64 m	0.25 m	0.35 m	0.48 m	0.32 m
1300 L	1.15 m	1.93 m	0.23 m	0.33 m	0.48 m	0.45 m
3000 L	1.46 m	2.75 m	0.25 m	0.40 m	0.62 m	0.73 m
7000 L	2.42 m	2.83 m	0.35 m	0.45 m	0.77 m	1.16 m

FUENTE: Ficha técnica según el distribuidor del biodigestor, (2014).

En la Tabla 5, se indican las diferentes capacidades del biodigestor prefabricado de acuerdo al número de usuarios servidos.

Tabla 5 Número de usuarios servidos en función de su capacidad.

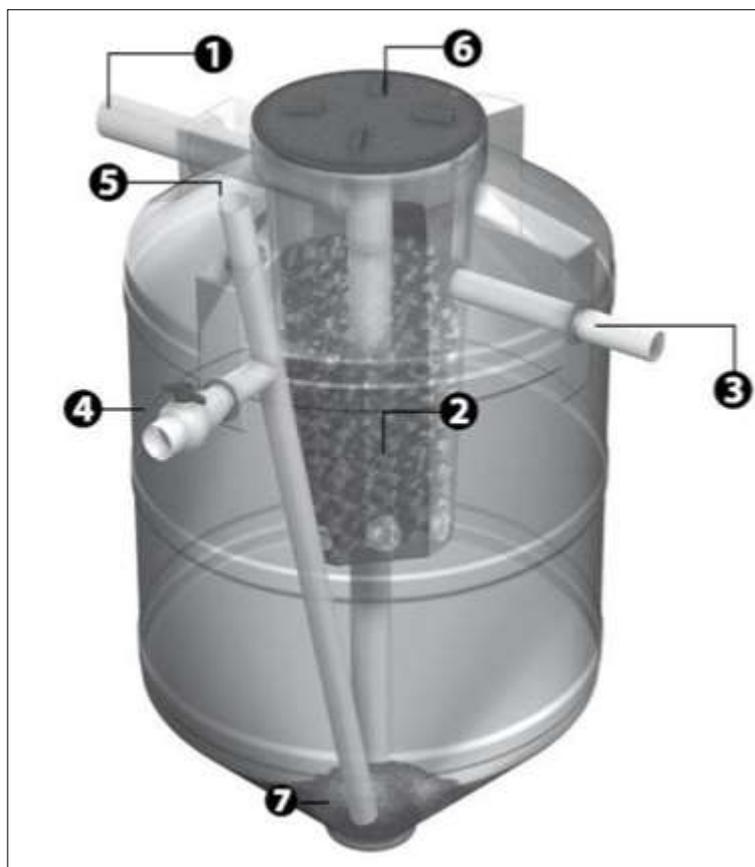
Capacidad	600 l	1300 l	3000 l	7000 l
Solo inodoro y lavadero de cocina	5	10	25	57
Desagües totales	2	5	10	23
Volumen de lodos a evacuar (máx.)	100 l	184 l	800 l	1500 l

FUENTE: Ficha técnica según el distribuidor del biodigestor, 2014

a) Componentes del biodigestor prefabricado

En la Ilustración 11, se pueden observar los componentes del biodigestor.

Ilustración 11 *Biodigestor Prefabricado*



FUENTE: Ficha técnica según el distribuidor del biodigestor, (2014).

- 1: Tubería PVC de 4" para entrada de agua.
- 2: Filtro biológico con aros de plástico (pets).
- 3: Tubería PVC de 2" para salida de agua tratada.
- 4: Válvula para extracción de lodos.
- 5: Tubería PVC de 2" de acceso para limpieza y/o desobstrucción.
- 6: Tapa click de 18" para cierre hermético.
- 7: Base cónica para acumulación de lodos.

b) Instalación

Según la ficha técnica del biodigestor prefabricado, los pasos para la instalación son:

- Localización
No debe existir el paso de vehículos. Evitar terreno de relleno o sujetos a inundaciones.
- Ángulo de excavación en función al tipo de suelo

Pendiente que no permita el deslave de la tierra. Compactar el suelo antes de colocar el suelo antes de colocar el biodigestor prefabricado.

- Colocación

El biodigestor se coloca con cuidado sin dañar las conexiones, debe estar en posición vertical, se alinea la entrada y salida del agua verificando que exista un margen de por lo menos 20 centímetros de espacio libre entre el biodigestor y la pared de la excavación.

- Relleno

Para el relleno de la excavación fuera del biodigestor, se necesita agregar 30 cm del material extraído y compactar con un aplanador manual, después se agrega 30 cm de agua dentro del biodigestor.

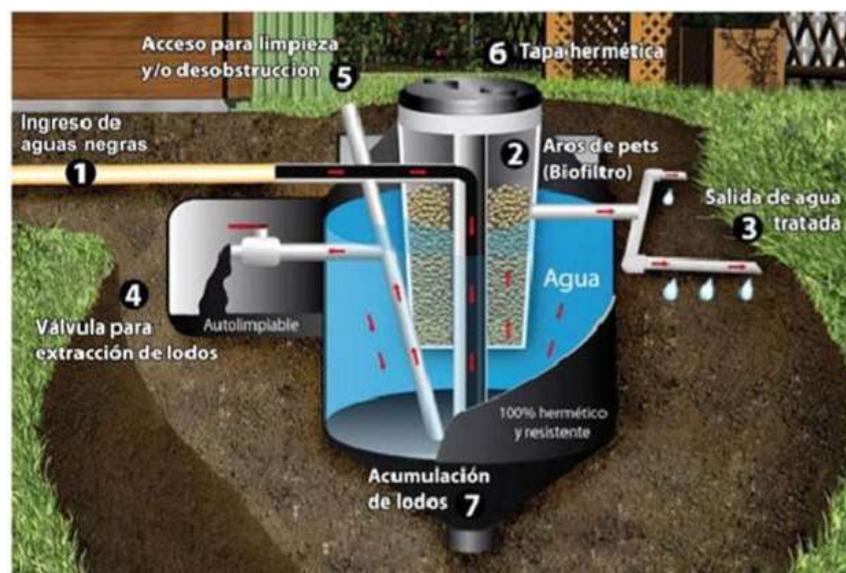
- Registro de lodos

Se debe instalar un registro de lodos, el cual se encarga de recibir los sólidos producidos por el biodigestor. El registro debe ser impermeable y contar con una tapa no hermética para así permitir el secado de los lodos y evitar que se mojen cuando llueva.

c) Funcionamiento y proceso séptico

El funcionamiento del biodigestor prefabricado se puede observar en la Ilustración 12.

Ilustración 12 *Funcionamiento del Biodigestor Prefabricado*



FUENTE: Ficha técnica según el distribuidor del biodigestor, 2014

El biodigestor prefabricado funciona de la siguiente manera:

- El agua residual doméstica entra por el tubo N 1 hasta el fondo del Biodigestor, donde las bacterias empiezan la bio descomposición.
- Ascende y pasa por el filtro N° 2 donde la materia orgánica que asciende es atrapada por las bacterias fijadas en los aros plásticos del filtro.
- El agua tratada sale por el tubo N° 3 hacia un área de percolación (pozo de absorción o zanja de infiltración).

El proceso séptico comienza cuando las aguas negras se introducen al biodigestor por la conexión al desagüe y se dirigen al fondo de lodos. En esta área de lodos se va a formar una colonia de bacterias anaerobias, que van alimentarse con las excretas. Además, el fondo cónico del biodigestor permite reducir las áreas muertas y permite a lo que denominan la autolimpieza, que es la salida de lodos.

Finalmente, las aguas tratadas, al pasar por el filtro, realizan nuevamente el proceso séptico con una segunda colonia formada en los aros plásticos (pet). Al descargar estas aguas al área de percolación, culmina el proceso eliminando la presencia de olores y contaminantes.

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL BIOTANQUE SÉPTICO INTEGRADO

El Biotanque séptico integrado es un sistema de tratamiento compacto para zonas rurales donde no se dispone de sistemas de alcantarillado sanitario, y consta de 3 etapas para el tratamiento completo a las aguas residuales.

Ilustración 13 *Biotanque séptico integrado*



FUENTE: Distribuidor del biotanque séptico integrado, 2023.

En la Tabla 6, se puede apreciar las dimensiones del biotanque séptico integrado en función a su capacidad.

Tabla 6 Dimensiones del biotanco séptico integrado en función de sus capacidades.

Dimensión	Capacidad nominal		
	1200 l	2000 l	4000 l
Ancho	1108 mm	1346 mm	1900 mm
Largo	1544 mm	1976 mm	1970 mm
Alto	1201 mm	1424 mm	1780 mm
Diámetro (Tapa)	550 mm	550 mm	550 mm

FUENTE: Distribuidor del biotanco séptico integrado, 2020.

a) Componentes del biotanco séptico integrado

En la Ilustración 14, se pueden observar los componentes del biotanco séptico integrado.

Ilustración 14 Componentes del biotanco séptico integrado.



FUENTE: Distribuidor del biotanco séptico integrado, 2023.

- Tubería PVC 110 mm entrada de agua
- Filtro biológico con rosetones
- Filtro de grava
- Cloración
- Filtro de carbón activado

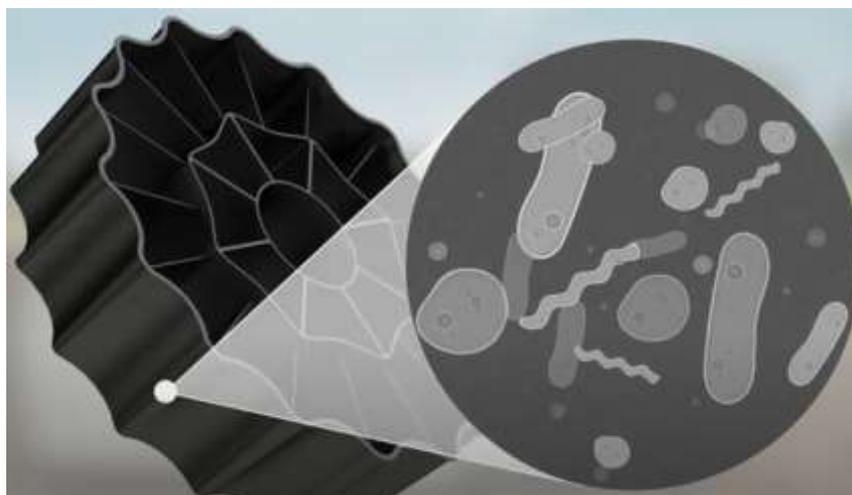
El rosetón plástico filtrante es un anillo con 20 cavidades fabricadas en polipropileno, materiales que garantiza su durabilidad y resistencia al ataque de los hongos y bacterias, sus características se indican en la Tabla 7.

Tabla 7 Características del rosetón plástico filtrante.

Peso	40 kg/m ³
Material	Polipropileno
Propiedades	Resistencia al agua, ataque químico, no se afecta por hongos ni bacterias.
Superficie de contacto	90 m ² /m ³
Dimensiones	Diámetro 186 mm; altura 50 mm
Área superficial	1,678 cm ²

FUENTE: Anónimo (2022).

Ilustración 15 Rosetón plástico filtrante.



FUENTE: Anónimo (2022).

El filtro de cloración tiene una capacidad de 6 pastillas de cloro al 90% con las siguientes características físicas y químicas indicadas en la Tabla 8.

Tabla 8 Características físicas y químicas de las pastillas de cloro al 90%.

Apariencia	Sólido en tabletas 200 gr
Olor	A cloro
Color	Ligeramente azulado
Peso pastillas	200 gr
Diámetro	3"
Peso molecular	232,5 g/mol
pH	2,7 -3,3
Solubilidad en agua a 25°C	12 g/l de agua (lenta)
Densidad aparente (g/ml)	0,91
Humedad	Max. 0,3%

FUENTE: Sinergiaq, 2023

b) Instalación

La instalación de este biotanco séptico varía en función de la permeabilidad del suelo y según las siguientes etapas:

- Excavación. - Las dimensiones de la zanja debe permitir a los instaladores trabajar en condiciones de seguridad, adicionar mínimo 40 cm de las medidas del biotanco tanto en largo como ancho.
- Instalación. - Con cabos plásticos asegurar la estabilidad vertical y horizontal, base y el último tubo instalado.
- Nivel freático. - Según la ficha técnica, el nivel freático debe estar como mínimo a 80 cm debajo del nivel de la rasante, caso contrario, se dispondrá peso adicional antes del relleno e instalación de sistema de tuberías.
- Instalación de tubos
- Relleno alrededor de la base. - Inmovilizada la base, se procede a rellenar a su alrededor con cascajo fino, compactar el espesor de 20 cm hasta el borde superior. Este relleno se hará simultáneamente con la instalación de tuberías que interconectar o receptoras del tratamiento.
- Fundición de contrapiso. - Si el suelo es de mala calidad es necesario cimentar la base, 5 cm compactado.
- Brocal de cabezal de concreto 20 cm de espesor.
- Fundición del marco de concreto para la tapa.
- Fundición de la tapa.

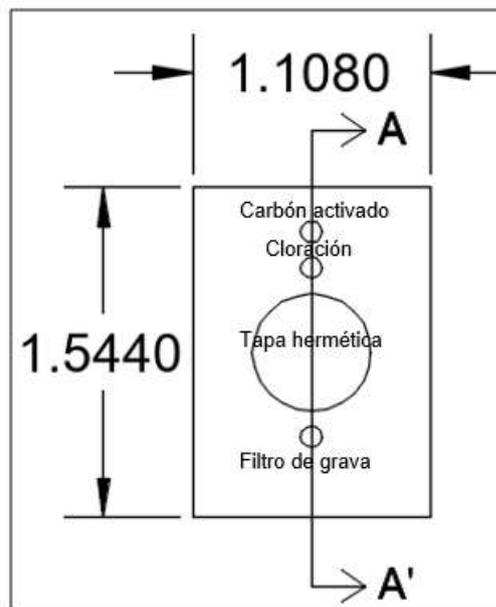
c) Funcionamiento

El biotanco séptico integrado funciona de la siguiente manera:

- El agua residual doméstica entra por el tubo de entrada del afluente de 110mm de diámetro se distribuye en todo el biotanco, donde las bacterias empiezan la bio descomposición.
- La materia orgánica asciende por el tubo de novafort y es atrapada por las bacterias fijadas en los rosetones formando una biopelícula.
- El tubo de novafort está conectado con el filtro de grava, donde el agua residual desciende por las capas de grava.

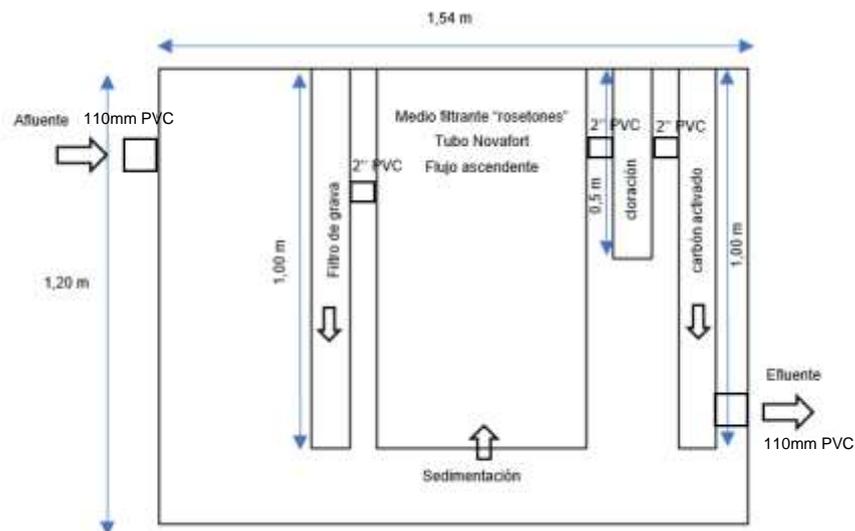
- El filtro de grava está conectado con el filtro de cloración. El agua residual tratada por el filtro de grava asciende hacia el filtro de cloración que tiene capacidad para 6 pastillas de cloro al 99%.
- El agua residual tratada por las pastillas de cloro desciende por el filtro de carbón activado. Finalmente, se conecta a la tubería de salida.

Ilustración 16 Vista en planta de las *medidas del biotanco séptico integrado de 1200 L.*



FUENTE: Autor

Ilustración 17 Operación del biotanco séptico integrado de capacidad 1200 L en corte A-A”.



FUENTE: Autor

Ilustración 18 Vista en planta de las medidas del biotank séptico integrado de 2000 L.

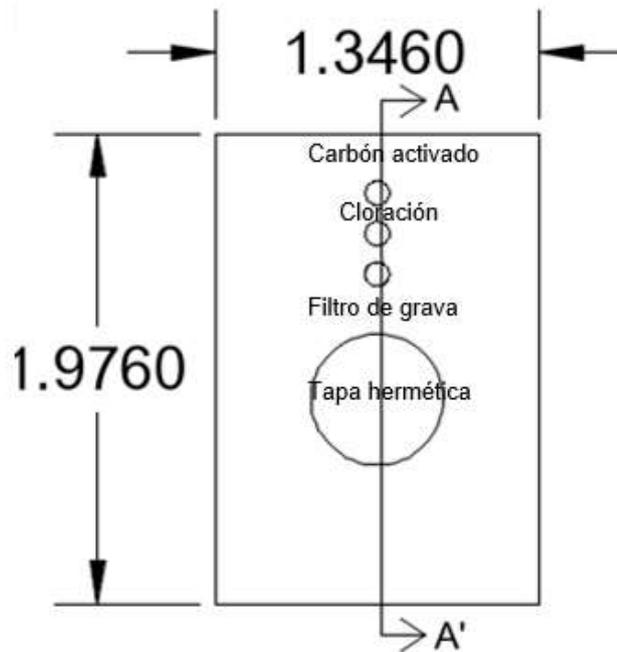
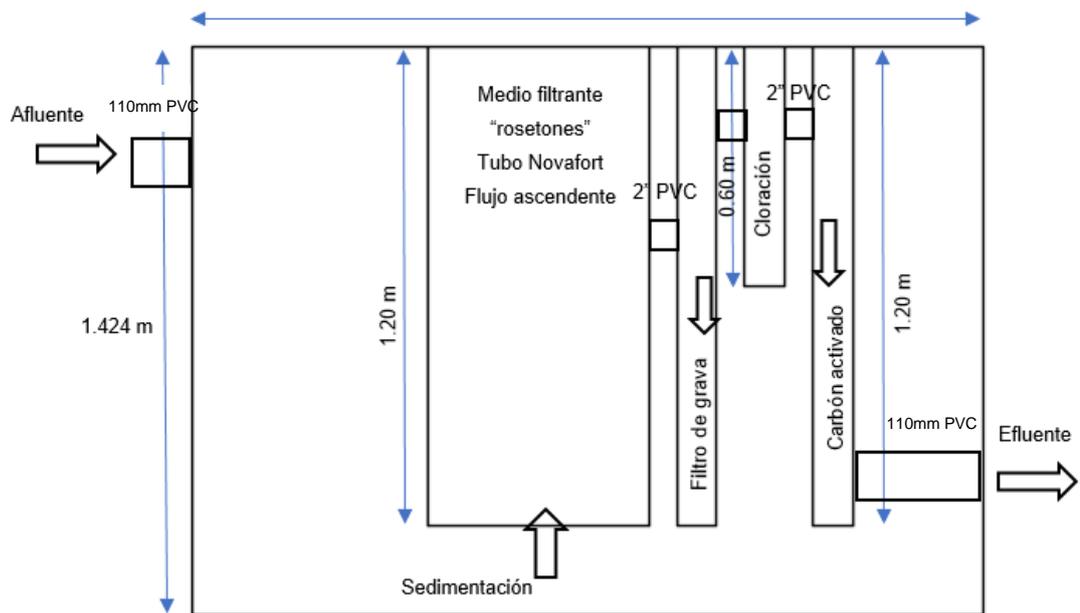


Ilustración 19 Operación del biotank séptico integrado de capacidad 2000 L en corte A-A”.



FUENTE: Autor

3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

Para realizar un monitoreo de los sistemas plásticos compactos es importante conocer el tiempo en funcionamiento de cada sistema instalado. Posterior, se realiza toma de muestras en el biodigestor y en los biotankes sépticos integrados para el análisis de cada uno de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos.

- Biodigestor: 12 meses
- Biotanque séptico integrado – Piladora de Cesa: 2 años
- Biotanque séptico integrado – CDI Francisco de Cajas: 5 meses
- Biotanque séptico integrado – CDI Urku Sisa: 5 meses

Cuando se realiza un muestreo de AA. RR domésticas se debe llevar un cronograma de hora de muestreo que se adjuntará al reporte del análisis de calidad de agua.

La toma de muestra en el biodigestor fue puntual realizada el 18 de enero de 2023, debido a la ausencia de caja de registro para analizar el punto de salida.

Tabla 9 *Cronograma de toma de muestra de biodigestor.*

Tipo de sistema	Muestra puntual
Biodigestor	10h15

FUENTE: Autor

La toma de muestra en el biotankes séptico integrado de la Piladora de Cesa fue realizada el 19 de enero de 2023, mientras que los biotankes sépticos integrados ubicados en Quito fue realizada el 31 de enero de 2023.

Tabla 10 *Cronograma de toma de muestra de biotankes séptico integrado.*

Tipo de sistema	Hora de toma de muestra				
	Sedimentación	Grava	Cloración	Carbón activado	Efluente
Biotanque - Piladora de Cesa	8h30	8h45	8h55	9h08	9h15
Biotanque - CDI Francisco de Cajas	8h35	8h45	8h52	9h02	9h17
Biotanque - CDI Urku Sisa	11h00	11h07	11h14	11h21	11h29

FUENTE: Autor

3.1 Materiales y métodos

Para el desarrollo del presente proyecto se utilizaron equipos y materiales del laboratorio de calidad de aguas de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, tanto para la recolección de muestras, como para la ejecución de los análisis.

3.1.1 Materiales

En campo

Tabla 11 *Listado de materiales en campo*

En campo
- Botellas plásticas de 1 lt y 500 ml
- Balde de 1 galón
- Cronómetro
- Marcador y hojas para identificar
- Guantes esterilizados
- Cuerda

FUENTE: Autor

En laboratorio

Los materiales, equipos y reactivos que se ocupó en el laboratorio difieren de acuerdo al parámetro en estudio. La descripción de dichos materiales se encuentra en la tabla 12:

Tabla 12 Listado de materiales, equipos y reactivos de laboratorio

Parámetro	Equipo	Material laboratorio	Reactivos
Demanda bioquímica de oxígeno	<ul style="list-style-type: none"> - Incubadora - Multiparámetro (HACH HQ 40 D) 	<ul style="list-style-type: none"> - Botellas Winkler 200 ml - Espátula - Pipeta - Vaso precipitación 250 ml 	<ul style="list-style-type: none"> - Ácido glutámico - Glucosa - Almohadillas tampón nutrientes DBO - Agua destilada
Nitrato	<ul style="list-style-type: none"> - Espectrofotómetro (HACH DR 6000) 	<ul style="list-style-type: none"> - Celda 10 ml - Vaso precipitado 50 ml - pipeta 	<ul style="list-style-type: none"> - Nitriver 5 reactivo powder pillow
Nitrito	<ul style="list-style-type: none"> - Espectrofotómetro (HACH DR 6000) 	<ul style="list-style-type: none"> - Celda 10 ml - Vaso precipitado 50 ml 	<ul style="list-style-type: none"> - Nitriver 3
pH	<ul style="list-style-type: none"> - Multiparámetro (HACH HQ 40 D) 		
Sólidos suspendidos totales	<ul style="list-style-type: none"> - Bomba al vacío - Membrana de vidrio 	<ul style="list-style-type: none"> - Cápsulas de porcelana 	

Parámetro	Equipo	Material laboratorio	Reactivos
	<ul style="list-style-type: none"> - Equipo de filtración - Estufa 103-105°C 	<ul style="list-style-type: none"> - Papel filtro 	
Sólidos disueltos totales	<ul style="list-style-type: none"> - Multiparámetro (HACH HQ 40D) 		
Alcalinidad total		<ul style="list-style-type: none"> - Fiolas 250 ml - Buretas - Soportes universales - pipetas 	<ul style="list-style-type: none"> - Ácido sulfúrico - Colorante naranja metilo - fenolftaleínas
Demanda química oxígeno	<ul style="list-style-type: none"> - Termo-reactor (HACH DRB 200) - Espectrofotómetro (HACH DR 6000) - 	<ul style="list-style-type: none"> - Frascos ámbar 250 ml - Pipeta - Pera de 3 vías 	<ul style="list-style-type: none"> - Viales de digestión rango: 20-1500 mg/l HR
Conductividad	<ul style="list-style-type: none"> - Multiparámetro (HACH HQ 40D) 		
Oxígeno disuelto	<ul style="list-style-type: none"> - Multiparámetro (HACH HQ 40D) 		

Parámetro	Equipo	Material laboratorio	Reactivos
Coliformes fecales	<ul style="list-style-type: none"> - Bomba al vacío + equipo filtración - Incubadora 	<ul style="list-style-type: none"> - Cajas Petri desechable - Frascos dilución 100 ml - Pinzas - Mechero Bunsen - alcohol 	<ul style="list-style-type: none"> - Agua peptona - Caldo cultivo con ácido rosolico - Filtro de celulosa
Temperatura	<ul style="list-style-type: none"> - Multiparámetro (HACH HQ 40D) 		
Turbidez	<ul style="list-style-type: none"> - Turbidímetro portátil (HACH 2100 Q) 	<ul style="list-style-type: none"> - Celdas 10 ml 	

FUENTE: Autor

3.1.2 Métodos

Las metodologías para la determinación de la mayoría de los parámetros físicos, químicos, microbiológicos de las aguas residuales se basan el manual: **APHA (Agencia Americana de Salud Pública), publicada en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 17th.**

- **DBO5:** 5210 B – Método de lectura – Equipo Multiparámetro HQ 40d Sonda LDO
- **DQO:** 5220C – Método, Reflujo Cerrado – Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)
- **Sólidos suspendidos:** 2540D- Secado 103-105°C
- **Alcalinidad:** 2320B- Método de Titulación Potenciometrico (punto Final de pH)

Manual de análisis de agua, HACH Edición No. 3, 2000:

- **Turbiedad:** Método Colorimétrico – Equipo 2100Q – Turbidímetro
- **Nitrito:** Método Colorimétrico – Equipo DR-6000 – Diazotización (0 a 0,30 mg/l NO₂-N)
- **Nitrato:** Método Colorimétrico – Equipo DR-6000 – Reducción de Cadmio (0 a 30,0 mg/l)
- **Cloro Total:** Método Colorimétrico – Equipo DR-6000- DPD (0 a 10,0 mg/l como CL₂)
- **Coliformes fecales:** Técnica de Filtración de Membrana – Agar Cromocoult/Kovacs

Temperatura – Conductividad - pH – Oxígeno disuelto – Sólidos totales disueltos

Para la medición de los parámetros físicos como la temperatura, conductividad, oxígeno disuelto, pH y sólidos disueltos totales se utilizó el Multiparámetro HACH 40qd.

1. El Multiparámetro tiene 3 sensores para el pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y sólidos disueltos que cada uno mide su propia temperatura, se conecta las sondas a utilizar.
2. Se enciende el equipo, se calibra para medir el parámetro de pH y conductividad y clic en ok. El equipo refleja los valores de los parámetros seleccionados y el resultado se anota cuando se refleja un candado cerrado.

3. Se conecta la sonda de oxígeno disuelto y se mide el parámetro, el resultado se obtiene luego de que el equipo se estabiliza y se refleja el candado cerrado.

Para cada una de las muestras a analizar es necesaria enjuagar las sondas con agua destilada antes de su uso y secarla.

Turbidez

Para la medición de la turbidez se utilizó el Turbidímetro portátil digital 2100Q.

1. Se debe calibrar el equipo usando los estándares y haciendo la medición de cada uno de ellas.
2. En la celda de 10 ml se va a colocar 10 ml de cada una de las muestras para analizar. Se introduce la celda, se tapa y clic en iniciar.
3. El equipo estabiliza e indica el valor de turbidez de la muestra en unidades NTU.

Sólidos suspendidos totales

Para la medición de los SST se utiliza el método de secado a 103-105°C.

1. Preparación del filtro. Siempre manejar el filtro con pinzas, no manipular con la mano.
2. Marcar la cápsula de porcelana con el número de la muestra, de forma consecutiva.
3. Colocar el filtro sobre el soporte, con el lado rugoso hacia arriba, aplique vacío.
4. Lavar el filtro con 100 ml de la muestra (en algunas muestras puede variar, debido a la carga orgánica), medidos con probeta.
5. Dejar al vacío durante 1 minuto adicional para secar el filtro.
6. Con la ayuda de una pinza, retirar el filtro y colocar dentro de la cápsula de porcelana correspondiente.
7. Seque el conjunto (cápsula de porcelana +filtro) en el horno precalentado a 105°C por 1h.
8. Llevar el conjunto al desecador y dejar enfriar por 15 minutos, hasta temperatura ambiente.
9. Pesar y registrar el peso del conjunto.
10. Efectuar los cálculos por medio de la ecuación:

$$SST = \frac{(A - B)1000}{V}$$

Donde

SST: Sólidos suspendidos totales, en mg/l

A: Peso final del conjunto con el residuo seco, en mg.

B: Peso inicial del conjunto, en mg.

V: Volumen de muestra filtrada

Cloro total

Para la medición del cloro total utilizo el powder pillow junto con el espectrofotómetro DR 6000.

1. Llenar dos celdas cuadradas de 10 ml con la muestra, una servirá de blanco y en la otra celda se aplicará el reactivo de rango 0,02 – 2,00 mg/l Cl₂.
2. Se enciende el espectrofotómetro y selecciona el programa 80.
3. Se aplica la almohadilla en la celda de 10 ml con la muestra, si hay presencia de cloro, adquiere un color rosado.
4. El temporizador indica un tiempo de agitación de 3 min para hacer la digestión.
5. Se toma el blanco con 10 ml de la muestra, se ubica la celda y oprimir el botón cero.
6. Se ubica la muestra que se aplicó el reactivo y clic en medición, el equipo indica el valor del cloro.

Alcalinidad

La alcalinidad de las muestras se midió mediante el método de titulación.

1. Se utilizan dos indicadores, fenolftaleína (rango: 8 a 9,8) y naranja de metilo (rango: 3,1 a 4,4).
2. En un soporte universal se coloca una bureta con el ácido sulfúrico 0,01N, que se usará como valorante. Y se aplica una llave para regular la salida del mismo.
3. En la muestra se aplica unas gotas de fenolftaleína hasta llegar al valor de 8.3 de potencial de hidrógeno. Se registra el volumen consumido.

4. Se aplica el segundo indicador naranja de metilo y se abre la llave del valorante hasta llegar al color deseado del patrón permanente. Se registra el volumen consumido.
5. Se aplica la siguiente fórmula:

Nitrato

Para el análisis del nitrato se utilizó las bolsas de reactivo Nitriver5 (rango: 0,1-10 mg/l) y el espectrofotómetro DR 6000.

1. Llenar dos celdas cuadradas de 10 ml con la muestra, una servirá de blanco y en la otra celda se aplicará el reactivo Nitriver5.
2. Se enciende el espectrofotómetro y selecciona el programa N Nitrato HR.
3. Se aplica la almohadilla en la celda de 10 ml con la muestra, aplica el temporizador de 5 min para hacer la digestión.
4. Se toma el blanco con 10 ml de la muestra, se ubica la celda y oprimir el botón cero.
5. Se ubica la muestra que se aplicó el reactivo y clic en medición, el equipo indica el valor del nitrato.

Nitrito

Para el análisis del nitrito se utilizó las bolsas de reactivo Nitriver3 (rango: 0,002-0,30 mg/l) y el espectrofotómetro DR 6000.

1. Llenar dos celdas cuadradas de 10 ml con la muestra, una servirá de blanco y en la otra celda se aplicará el reactivo Nitriver3.
2. Se enciende el espectrofotómetro y selecciona el programa N Nitrato HR.
3. Se aplica la almohadilla en la celda de 10 ml con la muestra, aplica el temporizador de 5 min para hacer la digestión.
4. Se toma el blanco con 10 ml de la muestra, se ubica la celda y oprimir el botón cero.
5. Se ubica la muestra que se aplicó el reactivo y clic en medición, el equipo indica el valor del nitrito.

Demanda química de oxígeno

Para la medición de la demanda química de oxígeno se utilizó los viales de digestión HR, termo reactor DRB 200 y espectrofotómetro DR 6000.

1. Antes de preparar las muestras es necesario precalentar el termo reactor a 150°C y presionar start.
2. Identificar las muestras y el blanco.
3. Para la preparación de la muestra y el blanco depende del rango en que se esté evaluando, al ser rango alto se necesita 0,2 ml de muestra y del blanco.
4. Se cierra el vial y se agita cinco veces invirtiéndole totalmente.
5. El tiempo del termo reactor se modifica a 2 h, se ubican los viales, se tapa y presiona start.
6. Cumplido el tiempo, se agita y se deja enfriar las muestras.
7. Se enciende el espectrofotómetro, se busca el programa para DQO HR, se ubica el blanco y se marca cero.
8. Se coloca el vial con la muestra y clic en medición.

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)

Para la determinación de la demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días se utilizó la incubadora y multiparámetro.

1. Se utilizan solución de glucosa – ácido glutámico, que deben ser secados a 105°C por 1h. Disolver 150 mg de glucosa y 150 mg de ácido glutámico en agua destilada y diluir a 1 L.
2. Como semilla se utiliza la muestra con mayor DQO.
3. Alistar 3 botellas por cada muestra, blanco, blanco con semilla y estándar a procesar.
4. Registrar el valor de 293 ml que corresponde al valor promedio de las botellas de laboratorio, registre también el volumen que se tomará de la muestra y la dilución previa realizada de acuerdo a los valores de DQO.
5. Adicione 2ml de semilla.
6. Adicione agua solamente hasta la mitad del cuello de la botella, para que al introducir el electrodo no haya pérdida de la muestra.

7. Lea el oxígeno inicial de las dos botellas de muestra, llene totalmente dejando el sello hidráulico.
8. Si al medir el oxígeno disuelto inicial, ha descendido a menor de 6, preparar otra botella utilizando un volumen de muestra menor.
9. Incubar a 20°C por cinco días.
10. Al quinto día lea el Oxígeno disuelto residual.

Calcule la DBO₅ con los resultados obtenidos, según la siguiente fórmula:

$$DBO_{5, mg/l} = \frac{(OD\ consumido - OD\ consumo\ cepa)}{Vm} \times V$$

OD consumido: ODi-ODr

OD consumo cepa: ODi (agua dilución +cepa) – Odr (agua dilución +cepa)

V: volumen de la botella winkler

Vm: volumen de alícuota de la muestra afectado por el factor de dilución

Coliformes fecales

1. Para la determinación del parámetro de coliformes fecales se utilizó el método de filtración por membrana.
2. Pasar una muestra de agua a través de un filtro de membrana.
3. Transferir el filtro con las bacterias atrapadas a la caja Petri con el medio de cultivo (ácido rosólico M-FC).
4. Llevar a la incubadora a una temperatura de 44°C por 24 horas.
5. Aplicar la siguiente fórmula.

$$N^{\circ} \frac{N^{\circ}}{100\ ml} = \frac{N^{\circ}\ colonias}{volumen\ muestra\ original\ filtrada} \times 100$$

4. CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Análisis de los datos

Resultados de los parámetros del agua residual

Los resultados de la evaluación física, química y microbiológica, que fueron realizados durante el mes de enero y febrero son los siguientes:

Tabla 13 *Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua residual doméstica - sector Coop. El Ejército Durán*

Parámetro físicos	Unidad	Valor	(Metcalf & Eddy, 2003)
Temperatura	°C	23,8	-
Conductividad	ms/cm	12,78	-
Turbidez	NTU	1250	-
Sólidos totales disueltos	g/l	7,13	500
Oxígeno disuelto	mg/l	0,17	-
Sólidos suspendidos totales	mg/l	705,71	200
Parámetro químicos			(Metcalf & Eddy, 2003)
Cloro total	mg/l	0,00	-
Alcalinidad	mg/l Ca CO ₃	2070	100
Nitrato	mg/l	115	-
Nitrito	mg/l	0,061	-
DQO	mg/l	3860	380
DBO ₅	mg/l	1590,60	200
pH	H*	7,95	-
Parámetro bacteriológicos			(Metcalf & Eddy, 2003)
Coliformes fecales	UFC/100ml	1x10 ⁷	10 ⁷ – 10 ⁹

FUENTE: Autor

El día de la toma de muestra, el biodigestor instalado en la Coop. El Ejército en Durán, no estaba cerrado herméticamente y trabajaba a su capacidad máxima, este sistema recibe aguas servidas de un pozo séptico. Para la toma de muestra no había acceso para poder tomar las muestras en el afluente ni el efluente, por lo que se tomó la muestra en interior del biodigestor.

Para poder evaluar la eficiencia de un sistema plástico para el tratamiento de aguas residuales domésticas es importante tener un punto de

toma en entrada y salida, al no poder tomar las muestras ni en el afluente ni efluente, se tomó una muestra puntual dentro del biodigestor para poder analizar la calidad del agua interna y a partir de estos valores continuar con el monitoreo para continuar con las investigaciones.

Los resultados de la muestra respecto a los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos se los comparo con una composición típica de agua residual doméstica de concentración fuerte según (Metcalf & Eddy, 2003).

Los valores de DQO y DBO5 están sobre el nivel de AA. RR domésticas con carga orgánica media, consecuencia de que el biodigestor solo se encuentra en operación para tratar las aguas residuales de un inodoro para el uso de 10 personas dentro de la vivienda. El resultado de coliformes fecales es típico de agua residual cruda. Debido a la presencia de materia fecal, los datos obtenidos de sólidos disueltos y suspendidos son mayores al esperado en AA. RR domésticas de concentración media.

El oxígeno disuelto es cercano a cero, indica que la materia orgánica se encuentra en descomposición y permite identificar un tipo de digestión microbiana anaerobia.

Tabla 14 *Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua residual doméstica - Sector Piladora de Cesa.*

Parámetro físicos	Unidad	Sedimentación	Grava	Cloración	Carbón Activado	Efluente
Temperatura	°C	19,30	18,90	19,60	18,50	19,00
Conductividad	us/cm	1703	1630	1751	1643	1696
Turbidez	NTU	220	468	206	2375	136
Sólidos totales disueltos	mg/l	924	937	987	973	921
Oxígeno disuelto	mg/l	0,76	0,75	0,71	3,94	4,69
SST	mg/l	45	247	100	1660	41
Parámetros químicos	Unidad	Sedimentación	Grava	Cloración	Carbón Activado	Efluente
pH	H*	8,00	7,75	7,60	7,46	7,32
Cloro total	mg/l	0	0	0	0	0
Alcalinidad	mg/l Ca CO ₃	1145	570	605	570	590
Nitrato	mg/l	8,50	3,8	6,6	2,70	3,80
Nitrito	mg/l	0,008	0,018	0,039	0,034	0,034
Demanda química de oxígeno	mg/l	289	596	349	1740	284
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	133	371,40	130	131	124
Parámetros bacteriológicos	Unidad	Sedimentación	Grava	Cloración	Carbón Activado	Efluente
Coliformes fecales	UFC/10 0ml	1x10 ⁵	1x10 ⁵	1.8x10 ⁴	5.5x10 ⁴	9x10 ³

FUENTE: Autor

El biotanco séptico integrado instalado en la Piladora de Cesa al tener mayor tiempo en operación estaba rodeado de vegetación, pero se encontró cerrado herméticamente. Estaba programado la toma de muestra en los seis

puntos del biotanco: 1) afluente, 2) sedimentación, 3) filtro de grava, 4) cloración, 5) carbón activado, 6) efluente, pero no existe un punto de entrada.

En la Tabla 14, se registran todos los valores obtenidos después del análisis de laboratorio de cada muestra en los diferentes puntos de análisis del biotanco séptico integrado.

Los resultados obtenidos en los parámetros físicos permiten tener una idea del comportamiento interno del biotanco. La temperatura máxima se registra en el punto de efluente con un valor de 19°C y la temperatura mínima se obtiene en el punto de carbón activado con un valor de 18,50 °C.

El resultado de conductividad más alto se registra en el punto de cloración con un valor de 1751 us/cm, y el valor más bajo se reporta en el punto de grava con un registro de 1630 us/cm.

Los valores de turbidez alcanzan un máximo en los puntos de grava y carbón activado, esto se debe a la presencia de flóculos que estaban desprendidos en el momento de la toma de muestra en el filtro de grava mientras que, en el punto de carbón activado, con el paso del tiempo el material granular va perdiendo forma y se transforman en pequeñas partículas que oscurece el agua que ha pasado por procesos de tratamiento.

Los resultados de los sólidos disueltos totales registran valores superiores a 900 mg/l, y del SST se obtiene un valor de 41 mg/l, ambos cumplen con la Normativa ambiental vigente.

El potencial de hidrógeno registra un valor en el punto de efluente de 7,3 y cumple con el límite dictado por la norma.

En el efluente no se encuentra presencia de cloro total, las pastillas de cloro no habían sido cambiadas y al momento de la toma de muestra, este filtro necesitaba ser recargado con nuevas pastillas de cloro. El resultado de nitrato va disminuyendo en cada punto de tratamiento y el efluente registra 3,80 mg/l.

Tanto la DBO5 como la DQO, no cumplen los valores límites de la norma, pero se registran resultados cercanos, para la demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días, el valor es de 124 mg/l y el límite es de 100 mg/l. El valor de la demanda química de oxígeno es de 284 mg/l y el límite es de 200 mg/l. Es importante mencionar que los valores máximos se presentan en el filtro de

grava y debe ser por la presencia de los flóculos, que altera el proceso de tratamiento.

El valor de coliformes fecales según la Tabla 14, en el punto de sedimentación es de 1×10^5 , mientras que en el efluente se registra el valor de 9×10^3 , en el proceso elimina los contaminantes, pero no llega a cumplir el límite permisible de la norma.

Tabla 15 Comparativo del efluente de Piladora de Cesa con los límites permitidos por la Norma.

Parámetros	Unidad	Efluente	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	Estado
Temperatura	°C	19	<35°C	Cumple
Conductividad	us/cm	1696	-	-
Turbidez	NTU	136	-	-
Sólidos totales disueltos	mg/l	921	1600	Cumple
Oxígeno disuelto	mg/l	4,69	-	-
SST	mg/l	41	130	Cumple
pH	H*	7,32	6-9	Cumple
Cloro total	mg/l	0	0,5	Cumple
Alcalinidad	mg/l Ca CO ₃	590	-	-
Nitrato	mg/l	3,80	-	-
Nitrito	mg/l	0,034	-	-
Demanda química de oxígeno	mg/l	284	200	No cumple
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	124	100	No cumple
Coliformes fecales	UFC/100ml	9×10^3	2000	No cumple

FUENTE: Autor

*Los valores límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce son tomados del Registro Oficial n° 387, 2015. (Ver Anexo)

En la tabla 15 se compara los valores obtenidos en el punto de efluente con los límites permisibles de la normativa ambiental vigente y se determina que parámetros cumple y cuáles no cumple.

Tabla 16 *Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua residual doméstica - Sector CDI San Francisco de Cajas.*

Parámetro físicos	Unidad	Sedimentación	Grava	Cloración	Carbón Activado	Efluente
Temperatura	°C	26,4	26	26,5	25,6	26
Conductividad	ms/cm	1,17	1,44	3,93	2,64	2,51
Turbidez	NTU	241	2892	123	892	194
Sólidos totales disueltos	mg/l	564	700	1983	1320	1243
Oxígeno disuelto	mg/l	0,27	2,22	3,04	3,48	6,08
SST	mg/l	35	1655	49	713	138
Parámetros químicos	Unidad	Sedimentación	Grava	Cloración	Carbón Activado	Efluente
pH	H*	8,17	5,38	2,31	5,42	6,63
Cloro total	mg/l	0,00	0,3	E.L.D	E.L.D	3,7
Alcalinidad	mg/l Ca CO3	235,00	45	0,00	40	135
Nitrato	mg/l	9,7	2,7	0,0	0,2	3,5
Nitrito	mg/l	0,052	0,011	0,000	0,0	0,019
DQO	mg/l	176	3212	538	558	215
DBO5	mg/l	50	1087	233	202	88,90
Parámetros bacteriológicos	Unidad	Sedimentación	Grava	Cloración	Carbón Activado	Efluente
Coliformes fecales	UFC/100ml	$3,8 \times 10^4$	0	0	0	0

FUENTE: Autor

El biotanco séptico integrado instalado en el CDI San Francisco de Cajas tiene menor tiempo en operación y estaba cerrado herméticamente. Estaba programado la toma de muestra en los seis puntos del biotanco: 1) afluente, 2) sedimentación, 3) filtro de grava, 4) cloración, 5) carbón activado, 6) efluente, pero no existió un punto de entrada.

En la Tabla 16, se registran todos los valores obtenidos después del análisis de laboratorio de cada muestra en los diferentes puntos de análisis del biotanco séptico integrado.

Los resultados obtenidos en los parámetros físicos permiten tener una idea del comportamiento interno del biotanco. La temperatura se encuentra dentro de un rango entre 26-25,6°C.

El resultado de conductividad más alto se registra en el punto de cloración con un valor de 1,44 ms/cm, y el valor más bajo se reporta en el punto de sedimentación con un registro de 1,17 ms/cm.

Los valores de turbidez alcanzan un máximo en los puntos de grava y carbón activado, esto se debe a la presencia de flóculos que estaban desprendidos en el momento de la toma de muestra en el filtro de grava mientras que, en el punto de carbón activado, con el paso del tiempo el material granular va perdiendo forma y se transforman en pequeñas partículas que oscurece el agua que ha pasado por procesos de tratamiento.

Los resultados de los sólidos disueltos totales registran valores superiores a 1900 mg/l, y del SST se obtiene un valor máximo de 1655 mg/l.

El potencial de hidrógeno registra un estado ácido en el punto de cloración con un valor de 2,31, mientras que el filtro de grava y carbón activado también se ve afectado con un valor de 5,38 y 5,42, respectivamente. Esto se debe a que, en el día de la toma de muestra, las pastillas de cloro habían sido recargadas, las muestras del punto de grava y cloración tenían una tonalidad blanquecina, se percibe que existió algún tipo de regreso del agua tratada con cloración hacia el filtro de grava. En el efluente se registra un valor de 6,63, cumple con el límite dictado por la norma y se encuentra dentro del rango de pH neutro.

El efluente registra un valor de 3,7 mg/l de cloro total, el filtro de grava un resultado de 0,3 mg/l y el punto de carbón activado excede un exceso del límite de detección, este parámetro no cumple con el límite máximo permisible de cloro que es de 0,5 mg/l. El resultado de nitrato máximo se registra en el punto de sedimentación disminuye en los otros puntos de tratamiento y en el efluente registra un valor de 3,5 mg/l.

La demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días, el valor del efluente es de 88,90 mg/l y el límite es de 100 mg/l, cumple con la norma ambiental vigente. El valor de la demanda química de oxígeno es de 215 mg/l y el límite es de 200 mg/l. Es importante mencionar que los valores máximos se presentan en

el filtro de grava y debe ser por la presencia de los flóculos, que altera el proceso de tratamiento.

El valor de coliformes fecales según la Tabla 16, en el punto de sedimentación es de 3.8×10^4 , mientras que por la presencia de cloro en los otros puntos de tratamiento no se registra coliformes fecales y cumple con el límite permisible de la norma.

Tabla 17 Comparativo del efluente de CDI Francisco de Cajas con los límites permitidos por la Norma.

Parámetros	Unidad	Efluente	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	Estado
Temperatura	°C	26	<35°C	Cumple
Conductividad	us/cm	2,51	-	-
Turbidez	NTU	194	-	-
Sólidos totales disueltos	mg/l	1243	1600	Cumple
Oxígeno disuelto	mg/l	6,08	-	-
SST	mg/l	138	130	No cumple
pH	-	6,63	6-9	Cumple
Cloro total		3,7	0,5	No cumple
Alcalinidad	mg/l Ca CO3	135	-	-
Nitrato	mg/l	3,5	-	-
Nitrito	mg/l	0,019	-	-
Demanda química de oxígeno	mg/l	215	200	No cumple
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	88,90	100	Cumple
Coliformes fecales	UFC/100ml	0	2000	Cumple

FUENTE: Autor

*Los valores límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce son tomados del Registro Oficial n° 387, 2015. (Ver Anexo)

En la tabla 17 se compara los valores obtenidos en el punto de efluente con los límites permisibles de la normativa ambiental vigente y se determina que parámetros cumple y cuáles no cumple.

Tabla 18 *Parámetros físicos, químicos y bacteriológicos del agua residual doméstica - Sector CDI Urku Sisa.*

Parámetro físicos	Unidad	Sedimentación	Grava	Cloración	Carbón Activado	Efluente
Temperatura	°C	26,4	26,5	25,9	26,2	26,3
Conductividad	ms/cm	1,638	1,826	3,07	1,883	1,987
Turbidez	NTU	531	752	1356	1520	1004
Sólidos totales disueltos	mg/l	792	891	1532	918	973
Oxígeno disuelto	mg/l	0,08	0,10	0,07	0,27	0,38
SST	mg/l	388	378	1230	1415	670
Parámetro químicos	Unidad	Sedimentación	Grava	Cloración	Carbón Activado	Efluente
pH	H*	8,21	8,22	7,99	8,00	7,55
Cloro total	mg/l	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alcalinidad	mg/l Ca CO3	425,00	475	525	510	465
Nitrato	mg/l	13,4	20,6	6,4	23,0	10,8
Nitrito	mg/l	0,050	0,056	0,078	0,092	0,057
DQO	mg/l	586	1388	2216	2004	1229
DBO5	mg/l	248	1297,80	1681	1231,80	817,80
Parámetro bacteriológicos	Unidad	Sedimentación	Grava	Cloración	Carbón Activado	Efluente
Coliformes fecales	UFC/100ml	8.2×10^5	9.1×10^5	9.9×10^5	9.4×10^5	1.5×10^5

FUENTE: Autor

El biotanco séptico integrado instalado en el CDI Urku Sisa tiene el mismo tiempo de operación que el CDI San Francisco de Cajas y estaba cerrado herméticamente. Estaba programado la toma de muestra en los seis puntos del biotanco: 1) afluente, 2) sedimentación, 3) filtro de grava, 4) cloración, 5) carbón activado, 6) efluente, pero no existió un punto de entrada.

En la Tabla 18, se registran todos los valores obtenidos después del análisis de laboratorio de cada muestra en los diferentes puntos de análisis del biotanco séptico integrado.

Los resultados obtenidos en los parámetros físicos permiten tener una idea del comportamiento interno del biotanco. La temperatura se encuentra dentro de un rango entre 25,9-26,5°C.

El resultado de conductividad más alto se registra en el punto de cloración 3,07 ms/cm us/cm y el punto de sedimentación presenta el valor bajo siendo este de 1,638 ms/cm, las variaciones pueden ser consecuencia de la mezcla de las aguas residuales domésticas con las aguas lluvias que ingresan a través del lavamanos.

Los valores de turbidez incrementan en cada uno de los puntos de análisis, esto se debe a la presencia de flóculos que estaban desprendidos en el momento de la toma de muestra en el filtro de grava mientras que, en el punto de efluente podría verse afectado a la presencia de los sedimentos que arrastra las aguas lluvias que se mezclan con las aguas residuales.

Los resultados de los sólidos disueltos totales registran valores superiores a 700 mg/l en el punto de sedimentación, grava, cloración, carbón activado y efluente.

El potencial de hidrógeno registra un estado alcalino en cada uno de los puntos de muestreo, el máximo se obtiene en el punto del filtro de grava con 8,22, seguido de sedimentación con un valor de 8,21, y el valor mínimo se registra en el efluente de 7,55. Esto se debe a que, en el día de la toma de muestra, las pastillas de cloro ya estaban desgastadas, pero no era necesario una recarga de pastillas. El efluente no registra presencia de cloro total, por lo tanto, cumple con el límite permisible de la norma. El resultado de nitrato máximo se registra en el punto de carbón activado con un valor de 23,0 mg/l, el mínimo se obtiene en el punto de cloración con un valor de 6,4 mg/l, y el efluente registra un valor de 10,8 mg/l.

Tanto la DBO5 como la DQO, no cumplen los valores límites de la norma, mientras que la demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días, el valor del efluente es de 817,80 mg/l y el límite es de 100 mg/l, existe una diferencia considerable con valores en los otros puntos mayores a 1000 mg/l. El valor de la demanda química de oxígeno en el punto de efluente es de 1229 mg/l y el límite es de 200 mg/l. Es importante mencionar que los valores máximos se presentan en el filtro de grava y debe ser por la presencia de los flóculos, que altera el proceso de tratamiento.

El valor de coliformes fecales según la Tabla 18, en el punto de efluente es de 1.5×10^5 NMP/100ml, a medida que pasa por cada uno de los tratamientos empieza a disminuir el valor de coliformes, sin embargo, no cumple con el límite permisible indicado por la norma ambiental.

Tabla 19 Comparativo del efluente de CDI Urku Sisa con los límites permitidos por la Norma.

Parámetros	Unidad	Efluente	Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	Estado
Temperatura	°C	26,3	<35°C	Cumple
Conductividad	ms/cm	1,987	-	-
Turbidez	NTU	1004	-	-
Sólidos totales disueltos	mg/l	973	1600	Cumple
Oxígeno disuelto	mg/l	0,38	-	-
SST	mg/l	670	130	No cumple
pH	H*	7,55	6-9	Cumple
Cloro total		0	0,5	Cumple
Alcalinidad	mg/l Ca CO ₃	465	-	-
Nitrato	mg/l	10,8	-	-
Nitrito	mg/l	0,057	-	-
Demanda química de oxígeno	mg/l	1229	200	No cumple
Demanda bioquímica de oxígeno	mg/l	817,80	100	No cumple
Coliformes fecales	UFC/100ml	1.5 $\times 10^5$	2000	No cumple

FUENTE: Autor

*Los valores límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce son tomados del Registro Oficial n° 387, 2015. (Ver Anexo)

En la tabla 19 se compara los valores obtenidos en el punto de efluente con los límites permisibles de la normativa ambiental vigente y se determina que parámetros cumple y cuáles no cumple.

4.2 Cálculo de eficiencia

La eficiencia es calculada mediante los resultados obtenidos en un punto de entrada y punto de salida. Al no existir acceso a un punto de entrada en el monitoreo de cada uno de los cuatro sistemas plásticos compactos, se mide la eficiencia con los datos del punto de sedimentación.

En el análisis de eficiencia de remoción de contaminantes, se aplicó la siguiente fórmula:

Ecuación 1 Eficiencia de remoción de contaminantes.

$$E = \frac{(S_o - S)}{S_o} \times 100$$

FUENTE: Romero Rojas, 1999.

En el cual:

E= Eficiencia de remoción de carga contaminante (%)

S= Carga contaminante de salida (mg/L)

So= Carga contaminante de entrada (mg/L)

En la tabla 20 se resume la eficiencia de cada uno de los sistemas plásticos compactos según los parámetros de DBO5, DQO, coliformes fecales y SST. Además, se compara con la Normativa Ambiental vigente que se basa en el TULSMA Tabla 9 de los límites permisibles de descarga hacia un cuerpo de agua dulce.

Tabla 20 Resumen de eficiencia de cada uno de los sistemas plásticos monitoreados.

Tipo de sistema plástico compacto	Ubicación	Parámetros	Afluente o sedimentación	Efluente	Eficiencia	Normativa ambiental vigente
BIODIGESTOR 600L	Durán	<i>DBO</i> ₅	1590,60	-	NO	NO CUMPLE
		SST				
		DQO	3860	-	NO	NO CUMPLE
		Coliformes fecales	1x10 ⁷	-	NO	NO CUMPLE
BIOTANQUE SÉPTICO INTEGRADO 2000L	Vía Daule-Balzar	<i>DBO</i> ₅	133	124	6,77%	NO CUMPLE
		DQO	289	284	1,73%	NO CUMPLE
		Coliformes fecales	1x10 ⁵	9x10 ³	91%	NO CUMPLE
BIOTANQUE SÉPTICO INTEGRADO 1200L	Quito-Cantón Cayambe-Parroquia Ayora	<i>DBO</i> ₅	50	88,90	-	CUMPLE
		DQO	176	215	-22,16%	NO CUMPLE
		Coliformes fecales	3,8x10 ⁴	0	100%	CUMPLE
BIOTANQUE SÉPTICO INTEGRADO 1200L	Quito-Cantón Cayambe-Parroquia Cangahua	<i>DBO</i> ₅	248	817,90	-	NO CUMPLE
		DQO	586	1229	-	NO CUMPLE
		Coliformes fecales	8,2x10 ⁵	1,5x10 ⁵	-	NO CUMPLE

FUENTE: Autor

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos de los parámetros de DBO_5 , DQO y coliformes, al ser una muestra puntual interna en el biodigestor solo permiten compararla con valores de una composición típica de AA. RR domésticas de concentración media. El biodigestor debido a la falta de mantenimiento y extracción de lodos, no refleja ningún porcentaje de remoción de carga orgánica.
- El biodigestor no registró un punto de entrada ni punto de salida, para realizar toma de muestra de afluente y efluente.
- El biotanco séptico integrado remueve partículas suspendidas, sólidos disueltos y carga orgánica, en algunos sistemas monitoreados tiene valores en el efluente que cumplen la normativa ambiental en lo que respecta a DBO, sólidos disueltos totales y Coliformes, en otros sistemas tiene valores muy cercanos para el cumplimiento de la norma y en otros sistemas no cumple.
- El desprendimiento de flóculos al sacar el filtro para realizar la toma de muestra, ocasiona que estos flóculos se mezclen con el agua tratada alterando la calidad del agua de la muestra analizada.
- El biotanco séptico integrado no registró un punto de entrada, para realizar y registrar toma de muestra del afluente.
- El mantenimiento del biotanco séptico integrado debe ser continuo en la etapa de arranque para definir en esta los mantenimientos correspondientes, como: limpieza de filtros, retirada de lodos y recarga de pastillas de cloro.
- Ambos sistemas plásticos compactos, fueron afectados por el tipo de muestreo, detalles constructivos y falta de mantenimiento, influyendo en los resultados obtenidos, se espera que para futuras investigaciones se solucionen estos problemas encontrados y se puedan obtener mejores resultados.

RECOMENDACIONES

- Se debe realizar las instalaciones necesarias que permitan hacer el muestreo en los puntos de afluente y efluente de cada sistema de tratamiento, para poder calcular la eficiencia de cada sistema de tratamiento de aguas servidas.
- Por ser una investigación académica es importante poder evaluar cada uno de los procesos internos en estos sistemas plásticos compactos para el tratamiento de aguas servidas, por lo que se debe mejorar los procedimientos de muestreo en cada punto: filtro de grava, cloración y carbón activado; evitando que en la toma de la muestra la biopelícula se desprenda y contamine el agua tratada.
- Es indispensable realizar un mantenimiento periódico sobre todo en la etapa de arranque del sistema, debido a que de no realizarse puede afectar el rendimiento de la PTAR. Durante la etapa de arranque se definirá la recarga de las pastillas de cloro y el mantenimiento a los filtros.
- La pendiente con la que se instalan estos sistemas plásticos compactos de un proceso a otro, debe realizarse de forma de evitar que el agua tratada se regrese a un proceso anterior, como ha pasado con el punto de cloración, que en las muestras analizadas se encontró niveles altos de cloro en el filtro de grava. También se pueden instalar válvulas automáticas que impidan el regreso del flujo interno.
- Los valores obtenidos no permiten determinar el desempeño del biotanco séptico integrado y del biodigestor, se recomienda continuar con el monitoreo luego de realizar los cambios pertinentes para la toma de muestra y poder calcular la eficiencia.
- Se recomienda continuar al principio con la toma de muestras puntuales en el afluente y efluente de cada sistema, sin tomar muestras internas que puedan influir en los resultados por el desprendimiento de los flóculos para determinar la eficiencia.
- Se recomienda continuar con esta investigación de los sistemas plásticos compactos para el tratamiento de aguas servidas hasta

conseguir una eficiencia adecuada de los efluentes y que se puedan descargar a cuerpos hídricos sin generar contaminación de los mismos, resaltando que con estos sistemas se solucionaría gran parte de la contaminación que originan las aguas servidas sin tratamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Almeida, M. C., Butler, D., & Friedler, E. (1999). At-source domestic wastewater quality. *Urban water*, 1(1), 49-55.
- Bermeo, M. (2016). Tratamiento de aguas residuales: Técnicas convencionales. Ingeniería Civil, Segunda edición mejorada y actualizada, 142.
- Bitton Gabriel, 2005, Patógenos y parásitos en aguas residuales doméstica, Microbiología de aguas residuales, tercera edición, 107-151, enero 2005.
- Carrillo, F. (2017). Tratamiento biológico de aguas residuales: principios, modelación y diseño. IWA publishing.
- Cirujeda, J. R. (2019). Aguas residuales urbanas. Editorial Elearning, SL.
- Crites, R., Tchobanoglous, G., Camargo, M., Pardo, L., & Mejía, G. (2000). Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. McGraw-Hill.
- Chao A.C. and Keinath T.M. (1979) Influence of process loading intensity on sludge clarification and settling characteristics. *Wat. Res.* 13(12), 1213-1224.
- Chernicharo, C. A. (2007). Principios de tratamiento biológico de aguas residuales, 5(1). Belo Horizonte, Brasil: Iwa Publishing
- Fernández, R. (2015). Sedimentación/Aguas. Escuela de Organización industrial, 2016.
- Ferrer, J. (2008). Tratamientos biológicos de aguas residuales. Universidad Politécnica de Valencia.

- Fonfría, R. S., Sans, R., & de Pablo Ribas, J. (1989). Ingeniería ambiental: contaminación y tratamientos (Vol. 28). Marcombo.
- García, O. N. (2006). Lodos residuales: estabilización y manejo. *Caos conciencia*, 1(1), 51-58.
- García, M. E., & López, P. (2005). Aguas residuales. composición. Línea). Consultado, 5.
- Gardner, J. (2021). A brief history of wastewater treatment. https://www.nyruralwater.org/sites/default/files/Gardner_Winter_2021-BriefHistoryWasteWater-Treatment.pdf
- Hernández García, H., Buitrón Méndez, G., M Lopez-Vazquez, C., & J Cervantes
- Jeppsson U. (1997). "A general description of the IAWQ activated sludge model No. 1". Dept of Industrial Electrical Engineering and Automation. ISBN: 1885756070, Lund Institute of Technology, Lund, Sweden
- López, M., Vázquez, C., and Henze, M. (2017) *Tratamiento biológico de Aguas Residuales: Principios, modelación y diseño*. London: IWA Publishing.
- Macías, J. G. L., & Guadalajara, J. (2013). Los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, ¿problema o recurso. Jalisco, Guadalajara, México. Obtenido de Ingeniería Química, Guda: http://www.iaiq.org.mx/ai/images/sitio/201309/ingresos/jglm/doc_ingreso_gualberto_limon_trabajo_de_ingreso.pdf.
- Madigan, M.; Martinku, J. Y Parker, J. (1997). "Biología de los microorganismos". Prentice Hall. Madrid. Octava edición. 986 págs.

- Medio Plástico rosetón (2019) Tratamiento de Aguas. Ambiente y Soluciones Integrales. Available at: <https://tratamientodeaguas.com.co/servicio/medio-plastico-roseton/>
- Mena, L. M. (2007). Desinfección del agua: Sistemas utilizados en AyA. Revista del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, 35.
- Ménendez, Carlos. & Pérez, Jesús. (2007). Procesos para el Tratamiento Biológico de Aguas Residuales Industriales. 2 ed. Ciudad de La Habana. Editorial Félix Varera - Editorial Universitaria. 298p
- Meoño, F. L., Taranco, C. G., & Olivares, Y. M. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. Saber y hacer, 2(2), 8-25.
- Mihelcic, J. R., & Zimmerman, J. B. (2012). Ingeniería ambiental: fundamentos, sustentabilidad, diseño. Alpha Editorial.
- Norma Técnica Ecuatoriana: INEN 2 169: 98, calidad del Agua. Muestreo. Manejo y conservación de muestras.
- Noyola Robles, A., Vega González, E., Ramos Hernández, J., & Calderón Mólgora, C. (2000). Alternativas de tratamiento de aguas residuales.
- Rojas, R. (2002). Curso Internacional: Gestión integral de tratamiento de aguas residuales. In Conferencia: Sistemas de Tratamientos de Aguas Residuales.
- Romero, A. (2004) *Tratamiento de Aguas Residuales: Teoría y principios de diseño*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- Rosero Carvajal, E. J. A. (2019). Aprovechamiento de residuos sólidos en filtros anaerobios de flujo ascendente como medios de soporte biológico para el tratamiento de aguas residuales.

- Rull, A.S. (2008) *Evacuación de Aguas Residuales en Edificios*. Barcelona: Marcombo.
- Salgado, I. N. P. (2016). Composición típica de las aguas residuales domésticas crudas en Guatemala. *Agua, Saneamiento & Ambiente*, 11(1), 54-63.
- Spellman, F. R. (2009). *Water and wastewater treatment plant operations*. United states of America. CRC Press. 0, 5, 10-15.
- Steel-McGhee (1981). *Abastecimiento de agua potable y alcantarillado*. Ed. Gustavo Gili.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (1991). *Wastewater engineering. Management*, 7(1), 4.
- Tejero, S. J. (2000). *Curso sobre tratamiento de agua residuales y explotación de estaciones depuradoras*. Corruna: E.T.C Ingenieros de Caminos.
- Valdez, E., & Vazquez, A. (2003). *Ingeniería de los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales*. Fundación ICA, AC México DF México.
- Vilaseca, M. M. (2001). Observación microscópica de fangos activados en los tratamientos de depuración biológica. *Boletín Intertex (UPC)*, 67-72.
- Winkler, M. A. (1986). *Tratamiento biológico de aguas de desecho (No. 628.3 W7296t Ej. 1)*.

ANEXO

Tabla 21 Concentración típica de aguas residuales domésticas.

Contaminantes	Unidades	Concentración		
		Débil	Media	Fuerte
Sólidos totales (ST)	mg/l	350	720	1.200
Disueltos, totales (SDT)	mg/l	250	500	850
Fijos	mg/l	145	300	525
Volátiles	mg/l	105	200	325
Sólidos en suspensión (SS)	mg/l	100	220	350
Fijos	mg/l	20	55	75
Volátiles	mg/l	80	165	275
Sólidos sedimentables	ml/l	5	10	20
Demanda bioquímica de oxígeno, mg/l: 5 días, 20 °C (DBO ₅ , 20 °C)	mg/l	110	220	400
Carbono orgánico total (COT)	mg/l	80	160	290
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	250	500	1.000
Nitrógeno (total en la forma N)	mg/l	20	40	85
Orgánico	mg/l	8	15	35
Amoníaco libre	mg/l	12	25	50
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (total en la forma P)	mg/l	4	8	15
Orgánico	mg/l	1	3	5
Inorgánico	mg/l	3	5	10
Cloruros ^a	mg/l	30	50	100
Sulfato ^a	mg/l	20	30	50
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	50	100	200
Grasa	mg/l	50	100	150
Coliformes totales ^b	n./100 ml	10 ⁶ -10 ⁷	10 ⁷ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹
Compuestos orgánicos volátiles (COVs)	µg/l	< 100	100-400	> 400

Tabla 22 Límites de descarga a un cuerpo de agua marina.

TABLA 10. LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA MARINA				
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible	
			(A) DESCARGAS EN ZONA DE ROMPIENTES	(B) DESCARGAS MEDIANTE EMISARIOS SUBMARINOS
Aceites y Grasas	Sust. solubles en hexano	mg/l	30,0	30,0
Arsénico total	As	mg/l	0,5	0,5
Aluminio	Al	mg/l	5,0	5,0
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,2	0,2
Cinc	Zn	mg/l	10,0	10,0
Cobre	Cu	mg/l	1,0	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2000	2000
Color	Color verdadero	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20	* Inapreciable en dilución: 1/20
Cromo hexavalente	Cr+6	mg/l	0,5	0,5
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/ l	200, 0	400
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/ l	400, 0	600
Hidrocarburos Totales de Petróleo.	TPH	mg/l	20, 0	20,0
Ma t e r i a flotante	Visibles		Ausencia	Ausencia
Me r c u r i o total	Hg	mg/l	0,01	0,01
Nitrógeno Total kjedahl	N	mg/l	40,0	40,0
Potencial de hidrógeno	pH		6-9	6-9
Sólidos Suspendidos Total es	SST	mg/ l	250, 0	250, 0
Sulfuros	S	mg/l	0,5	0,5
Compuestos organoclorados	Organoclorados totales	µg/l	50,0	50,0
Compuestos Organofosforados	Organofosforados total e s	µg/l	100, 0	100, 0
Carbamatos	Especies totales	mg/l	0,25	0,25
Temperatura	oC		< 35	< 35
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5

* La apreciación del color se es tima sobre 10 cm de diluida.

FUENTE: Registro oficial N°387, 2015

Tabla 23 *Parámetros de los niveles de la calidad de agua para riego.*

TABLA 5: PARÁMETROS DE LOS NIVELES DE LA CALIDAD DE AGUA PARA RIEGO				
PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	GRADO DE RESTRICCIÓN *		
		Ninguno	Ligero-Moderado	Severo
Salinidad: (1)				
CE (2)	milimhos/cm	0,7	0,7-3,0	>3,0
SDT (3)	mg/l	450	450-2000	>2000
Infiltración: (4)				
RAS=0-3yCE=		0,7	0,7-0,2	<0,2
RAS=3-6yCE=		1,2	1,2-0,3	<0,3
RAS=6-12yCE=		1,9	1,9-0,5	<0,5
RAS=12-20yCE=		2,9	2,9-1,3	<1,3
RAS=20-40yCE=		5,0	5,0-2,9	<2,9
Toxicidad por iones específicos (5)				
Sodio:				
Irrigación superficial RAS (6)	meq/l	3,0	3,0-9,0	>9
Aspersión	meq/l	3,0	3,0	
Cloruros:				
Irrigación superficial	meq/l	4,0	4,0-10,0	>10
Aspersión	meq/l	3,0	3,0	
Boro:	mg/l	0,7	0,7-3,0	>3
Efectos misceláneos (7)				
Nitrógeno (N-NO ₃ -)	mg/l	5,0	5,0-30,0	>30
Bicarbonato (HCO ₃ -) Solo aspersión	meq/l	1,5	1,5-8,5	>8,5
pH	Rango normal		6,5-8,4	

FUENTE: Anexo 1, Libro VI TULSMA, 2015.

Tabla 24 Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

TABLA 9. 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	30,0
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro Total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cinc	Zn	mg/l	5,0
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Ext. carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1.000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100 ml	2.000
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	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	200
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10,0
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno amoniacal	N	mg/l	30,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	50,0
Compuestos Organoclorados	Organoclorados totales	mg/l	0,05
Compuestos Organofosforados	Organofosforados totales	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
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	1.000
Sulfuros	S ²⁻	mg/l	0,5
Temperatura	°C _{med}		Condición natural ± 3
Tensoactivos	Sustancias Activas al azul de metileno	mg/l	0,5

FUENTE: Registro Oficial Suplemento 387, 2015

Ilustración 20 Ficha técnica del biotanque séptico integrado.

El Biotanque Séptico reduce el grado de contaminación.

Al contar con una cámara de sedimentación y/o digestión anaerobia facilita la degradación de la materia orgánica. Los lodos sedimentan en el interior del Biotanque y las aguas de rebosa semitratadas pasan a un campo de infiltración donde son absorbidas por el suelo en estado natural. El nivel freático debe estar como mínimo a 80cm debajo del nivel de la rasante y debe instalarse en suelos permeables.

El Biotanque Séptico es un sistema adaptable para mayor capacidad.

Puede utilizarse un solo tanque ocupando una pequeña área o de manera modular, para aumentar la capacidad del sistema.

Otras ventajas:

- Ocupa una pequeña área
- Totalmente hermético, no permite exfiltraciones

Unión desagüe 110mm

Braza para tanque séptico 110mm

Caja domiciliaria 28x43x10mm

Caucho 110mm capa amortiguada

Tubería desagüe: E/C 110mm

Tubería PVC drenaje Novafort 110mm*

*Para Biotanque de:

2000l usar 50m de tubería

1200l usar 15m de tubería

Rajilla desagüe: 110mm

Pomo - tubería W/pil elastico

Pu43mm 125cm

Kalpaqa 125cm

3m

Codo de desagüe E/C 110mm

a 90°

Usar 100m de tubería PVC

drenaje Novafort 110mm

Para ventilación:

Tee red desagüe 110 - 50mm

Tubería ventilación 50mm x

2 codo de desagüe 50x90°

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Tanque de 1200l

Nivel de Infiltración	Capacidad por tipo de suelo*				Tiempo de Infiltración (Mes)
	Permeabilidad 1 (Grava)	Permeabilidad 2 (Arena)	Permeabilidad 3 (Limo)	Permeabilidad 4 (Arcilla)	
0	18.19	36.39	45.49	47.74	0.5
1	27.28	54.57	68.24	71.61	1.0
2	36.37	72.74	90.91	95.52	1.5
3	45.46	90.91	113.58	119.03	2.0

Tanque de 2000l

Nivel de Infiltración	Capacidad por tipo de suelo*				Tiempo de Infiltración (Mes)
	Permeabilidad 1 (Grava)	Permeabilidad 2 (Arena)	Permeabilidad 3 (Limo)	Permeabilidad 4 (Arcilla)	
0	30.32	60.64	75.80	79.40	0.5
1	45.48	90.96	113.70	119.10	1.0
2	60.64	121.28	151.60	158.80	1.5
3	75.80	151.60	189.50	199.00	2.0

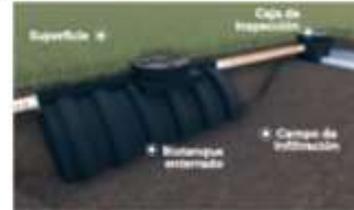
Tanque de 4000l

Nivel de Infiltración	Capacidad por tipo de suelo*				Tiempo de Infiltración (Mes)
	Permeabilidad 1 (Grava)	Permeabilidad 2 (Arena)	Permeabilidad 3 (Limo)	Permeabilidad 4 (Arcilla)	
0	60.64	121.28	151.60	158.80	0.5
1	90.96	181.92	227.40	237.80	1.0
2	121.28	242.56	302.40	317.60	1.5
3	151.60	303.20	377.40	397.00	2.0

¡IMPORTANTE! Consultar al Departamento Técnico de Plastigama, cuando las condiciones de nivel freático y suelo son diferentes a las indicadas en esta hoja técnica.

*Datos referenciales: Se debe analizar cada proyecto en función de la permeabilidad propia del suelo.

*Se recomienda que una vez sea instalado el sistema, se realice una prueba de estanqueidad del mismo, de manera que se verifique la correcta instalación.



PERMEABILIDAD DEL SUELO

Permeabilidad	Tipo de suelo
1	Grava
2	Arena gruesa
3	Limo
4	Arcilla



Dimension	Capacidad nominal		
	1200l	2000l	4000l
Ancho	1108mm	1346mm	1800mm
Largo	1044mm	1376mm	1870mm
Alto	1200mm	1426mm	1780mm
Código	825497	825498	992008
Diámetro (Tapas)	550mm	530mm	550mm

FUENTE: Distribuidor del biotanque séptico integrado, 2020.

Ilustración 21 Ficha técnica de biodigestor

FTB-01	Ficha Técnica del Biodigestor Autolimpiable Rotoplas	Fecha de Emisión 24 /11/2014
---------------	---	--

1.- Descripción

El Biodigestor Autolimpiable Rotoplas es un sistema para el tratamiento primario de las aguas residuales domésticas, mediante un proceso de retención y degradación séptica anaerobia de la materia orgánica. El agua tratada es infiltrada hacia el terreno aledaño mediante una zanja de infiltración, pozo de absorción humedal artificial según el tipo de terreno y zona.

2.- Registro de Productos Industriales Nacionales (RPIN)
N° 150107390099C

3.- Material
Polietileno 100% Virgen

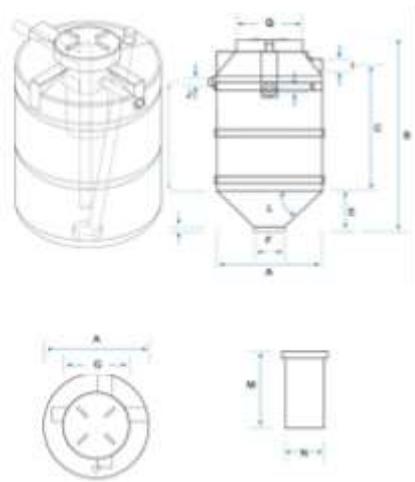
4.- Color
Negro

5.- Especificaciones Técnicas

Medidas	400 l.	1.300 l.	1.000 l.	7.000 l.
A	0,80 m	1,25 m	1,45 m	2,20 m
B	1,64 m	1,06 m	2,87 m	2,05 m
C	1,07 m	1,25 m	1,75 m	1,36 m
D	0,85 m	1,18 m	1,54 m	1,28 m
E	0,82 m	0,85 m	0,72 m	1,10 m
F	0,24 m	0,24 m	0,30 m	0,30 m
G	0,55 m	0,55 m	0,55 m	0,55 m
H	0,03 m	0,03 m	---	0,08 m
I	4"	4"	4"	4"
J	2"	2"	2"	2"
K	2"	2"	2"	2"
L	45°	45°	45°	45°
M	0,80 m	0,80 m	0,80 m	0,80 m
N	0,30 m	0,318 m	0,318 m	0,318 m

Biodigestor Autolimpiable Rotoplas





FUENTE: Distribuidor del biodigestor, 2014.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Ilustración 22 *Punto de muestro en Biodigestor- Durán.*



FUENTE: Autor

Ilustración 23 *Punto de muestreo en Biodigestor-Durán.*



FUENTE: Autor

Ilustración 24 Punto de muestreo en planta Piladora de Cesa-Vía a Daule.



FUENTE: Autor

Ilustración 25 Toma de muestra en cada punto del biotanque séptico integrado.



FUENTE: Autor

Ilustración 26 Centro de desarrollo Infantil San Francisco de Cajas.



FUENTE: Autor

Ilustración 27 Toma de muestra de punto de carbón activado en biotanque séptico CDI San Francisco de Cajas.



FUENTE: Autor

Ilustración 28 Centro de Desarrollo Infantil Urku Sisa.



FUENTE: Autor

Ilustración 29 Toma de muestra de punto de sedimentación en biotanco séptico CDI Urku Sisa.



FUENTE: Autor

Ilustración 30 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biodigestor-Durán

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS



Guayaquil, 17 de Febrero del 2023

UCSG-LCA-0001

RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS Descargas de Aguas Residuales Domésticas

A.- Datos Generales

Cód. de muestra: Pdes-02-001
Zona: Norte
Ubicación: Cantón Durán Sector Coop. El Ejército
Lugar: Sistema de Tratamiento
Biodigestor

Fecha muestreo: 17-ene.-23
Hora muestreo: 10:16:00 a.m.
Tipo de muestra: Simple
Resp. muestreo: Angie Villafuerte

B.- Resultados

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	H ⁺	7.95
Temperatura	°C	23.80
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	0.17
Conductividad	mS/cm	12.78
DBO ₅	mg O ₂ /l	1,590.60
DQO	mg O ₂ /l	3,860.00
Sólidos Disueltos Totales	g/l	7.13
Sólidos Suspendedos	mg/l	706.71
Turbiedad	NTU	1,250.00
Nitritos	mg/l	0.061
Nitratos	mg/l	115.00
Alcalinidad Total	mg/l	2,070.00
Cloro Total	mg/l	0.00
Coliformes Fecales	UFC/100ml	1 E.7

C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada

pH:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Temperatura:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Oxígeno Disuelto:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
Conductividad:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
DBO ₅ :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
DQO:	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)
Sólidos Disueltos Totales:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Sólidos Suspendedos:	2540D - Secado 103 -105 °C
Turbiedad:	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro
Nitrito:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Diazotización (0 a 0,300 mg/l NO ₂ -N)
Nitrato:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Reducción de Cadmio (0 a 30,0 mg/l)
Alcalinidad:	2320B - Método de Titulación Potenciométrico (punto Final de pH)
Cloro Total:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10,0 mg/l como Cl ₂)
Coliformes Fecales:	Técnica de Filtración de Membranas - Agar Cromocult/Kovacs

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

D.- Observaciones

La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

Blas Edison Alvarado R.
Analista de Laboratorio

FUENTE: Autor

Ilustración 31 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanque séptico integrado- Vía a Daule- Etapa: Sedimentación

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS



Guayaquil, 17 de Febrero del 2023

UCSG-LCA-0002

RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS Descargas de Aguas Residuales Domésticas

A.- Datos Generales

Cód. de muestra:	Pdes-02-001	Fecha muestreo:	18-ene.-23
Zona :	Norte	Hora muestreo:	8:30:00 a.m.
Ubicación :	Cantón Daule (Piladora de Cesa)	Tipo de muestra :	Simple
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanque séptico integrado (Etapa: sedimentación)	Resp. muestreo :	Angie Villafuerte

B.- Resultados:

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	H ⁺	8.00
Temperatura	°C	20.90
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	0.76
Conductividad	mS/cm	1.703.00
DBO ₅	mg O ₂ /l	133.00
DQO	mg O ₂ /l	289.00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	924.00
Sólidos Suspendedos	mg/l	45.00
Turbiedad	NTU	220.00
Nitritos	mg/l	0.008
Nitratos	mg/l	8.50
Alcalinidad Total	mg/l	1.145.00
Cloro Total	mg/l	0.00
Coliformes Fecales	UPC/100ml	1.0 E 5

C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada

pH :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Temperatura :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Oxígeno Disuelto :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
Conductividad :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
DBO ₅ :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
DQO :	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)
Sólidos Disueltos Totales :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Sólidos Suspendedos :	2540D - Secado 103 - 105 °C
Turbiedad :	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro
Nitrato :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Diazotización (0 a 0.300 mg/l NO ₃ -N)
Nitrato :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Reducción de Cadmio (0 a 30.0 mg/l)
Alcalinidad :	2020B - Método de Titulación Potenciométrico (punto Final de pH)
Cloro Total :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl ₂)
Coliformes Fecales :	Técnica de Filtración de Membrana - Agar Cromocult/Kovacs

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

D.- Observaciones

La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 oC.


 Blgo. Erick Alvarado R.
 Analista de Laboratorio

FUENTE: Autor

Ilustración 32 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanque séptico integrado- Vía a Daule- Etapa: Filtro de grava

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS



Guayaquil, 17 de Febrero del 2023

UCSG-LCA-0003

RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS Descargas de Aguas Residuales Domésticas

A.- Datos Generales

Cód. de muestra:	Pdes-02-002	Fecha muestreo:	18-ene.-23
Zona :	Norte	Hora muestreo:	8:45:00 a.m.
Ubicación :	Cantón Daule (Pladora de Cesa)	Tipo de muestra :	Simple
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanque séptico integrado (etapa: Filtro de grava)	Resp. muestreo :	Angie Villafuerte

B.- Resultados

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	H ⁺	7.75
Temperatura	°C	18.90
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	0.75
Conductividad	uS/cm	1,630.00
DBO ₅	mg O ₂ /l	371.40
DQO	mg O ₂ /l	596.00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	937.00
Sólidos Suspendedos	mg/l	247.00
Turbiedad	NTU	468.00
Nitritos	mg/l	0.018
Nitros	mg/l	3.80
Alcalinidad Total	mgCaCO ₃ /l	570.00
Cloro Total	mg/l	0.00
Coliformes Fecales	UFC/100ml	1.0 E 5

C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada

pH :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Temperatura :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Oxígeno Disuelto :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
Conductividad :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
DBO ₅ :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
DQO :	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)
Sólidos Disueltos Totales :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Sólidos Suspendedos :	2540D - Secado 103 - 105 °C
Turbiedad :	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro
Nitrito :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Diazotización (0 a 0.300 mg/l NO ₂ -N)
Nitrato :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Reducción de Cadmio (0 a 30.0 mg/l N)
Alcalinidad :	2320B - Método de Titulación Potenciométrico (punto Final de pH)
Cloro Total :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl ₂)
Coliformes Fecales :	Técnica de Filtración de Membrana - Agar Cromocult/Kovacs

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WWP).

D.- Observaciones

La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 oC.

Hugo Edison Alvarado R.
Analista de Laboratorio

FUENTE: Autor

Ilustración 33 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanque séptico integrado- Vía a Daule- Etapa: Cloración

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS



Guayaquil, 17 de Febrero del 2023

UCSG-LCA-0004

RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS Descargas de Aguas Residuales Domésticas

A.- Datos Generales

Cód. de muestra: Pdes-02-003
Zona: Norte
Ubicación: Cantón Daule (Pilasora de Cesa)
Lugar: Sistema de Tratamiento Biotanque séptico integrado (etapa: Cloración)

Fecha muestreo: 18-ene.-23
Hora muestreo: 8:55:00 a.m.
Tipo de muestra: Simple
Resp. muestreo: Angie Villafuerte

B.- Resultados

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	H ⁺	7.60
Temperatura	°C	19.60
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	0.71
Conductividad	uS/cm	1.751.00
DBO ₅	mg O ₂ /l	130.00
DQO	mg O ₂ /l	349.00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	987.00
Sólidos Suspendedos	mg/l	100.00
Turbiedad	NTU	206.00
Nitritos	mg/l	0.039
Nitratos	mg/l	6.00
Alcalinidad Total	mg/l	606.00
Cloro Total	mg/l	0.00
Coliformes Fecales	UPC/100ml	1.8 E 4

C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada

pH :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Temperatura :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Oxígeno Disuelto :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
Conductividad :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
DBO ₅ :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
DQO :	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)
Sólidos Disueltos Totales :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Sólidos Suspendedos :	2540D - Secado 103 -105 °C
Turbiedad :	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro
Nitrito :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Diazotización (0 a 0.300 mg/l NO ₂ -N)
Nitrato :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Reduccion de Cadmio (0 a 30.0 mg/l)
Alcalinidad :	2320B - Método de Titulacion Potenciométrico (punto Final de pH)
Cloro Total :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl ₂)
Coliformes Fecales :	Técnica de Filtración de Membrana - Agar Cromocult/Kovacs

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

D.- Observaciones

La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 oC.


Héctor Adriano R.
Analista de Laboratorio

FUENTE: Autor

Ilustración 34 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanque séptico integrado- Vía a Daule- Etapa: Carbón Activado

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS



Guayaquil, 17 de Febrero del 2023

UCSG-LCA-0005

RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS Descargas de Aguas Residuales Domésticas

A.- Datos Generales

Cód. de muestra:	Pdes-02-004	Fecha muestreo:	18-ene.-23
Zona :	Norte	Hora muestreo:	9:08:00 a.m.
Ubicación :	Cantón Daule (Piladora de Cesa)	Tipo de muestra :	Simple
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanque séptico integrado (etapa: Carbon Activado)	Resp. muestreo :	Angie Villafuerte

B.- Resultados

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	H ⁺	7.46
Temperatura	°C	18.30
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	3.94
Conductividad	mS/cm	1.643.00
DBO ₅	mg O ₂ /l	131.00
DQO	mg O ₂ /l	1.740.00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	973.00
Sólidos Suspendedos	mg/l	1.660.00
Turbiedad	NTU	2.375.00
Nitritos	mg /l	0.034
Nitratos	mg /l	2.70
Alcalinidad Total	mg /l	570.00
Cloro Total	mg/l	0.00
Coliformes Fecales	UPC/100ml	5.5 E 4

C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada

pH :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Temperatura :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Oxígeno Disuelto :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LIX
Conductividad :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
DBO ₅ :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LIX
DQO :	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)
Sólidos Disueltos Totales :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Sólidos Suspendedos :	2940D - Secado 103 - 105 °C
Turbiedad :	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro
Nitrito :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Diazotización (0 a 0.300 mg/l NO ₂ -N)
Nitrato :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Reducción de Cadmio (0 a 30.0 mg/l)
Alcalinidad :	2320B - Método de Titulación Potenciométrico (punto Final de pH)
Cloro Total :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl ₂)
Coliformes Fecales :	Técnica de Filtración de Membranas - Agar Cromocult/Kovacs

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

D.- Observaciones

La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

Edson Alvarado R.
 Analista de Laboratorio

FUENTE: Autor

Ilustración 35 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanque séptico integrado- Vía a Daule- Etapa: Efluente

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS



Guayaquil, 17 de Febrero del 2023

UCSG-LCA-0006

RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS Descargas de Aguas Residuales Domésticas

A.- Datos Generales

Cód. de muestra:	Pdes-02-005	Fecha muestreo:	18-ene.-23
Zona:	Norte	Hora muestreo:	9:15:00 a.m.
Ubicación:	Cantón Daule (Piladora de Cesa)	Tipo de muestra:	Simple
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanque séptico integrado (etapa: Efluente)	Resp. muestreo:	Angie Villafuerte

B.- Resultados

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	H ⁺	7.32
Temperatura	°C	21.00
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	4.69
Conductividad	mS/cm	1.696.00
DBO ₅	mg O ₂ /l	124.00
DQO	mg O ₂ /l	284.00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	921.00
Sólidos Suspendidos	mg/l	41.00
Turbiedad	NTU	136.00
Nitritos	mg/l	0.034
Nitratos	mg/l	3.80
Alcalinidad Total	mg/l	590.00
Cloro Total	mg/l	0.00
Coliformes Fecales	UFC/100ml	9 E.3

C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada

pH :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Temperatura :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Oxígeno Disuelto :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LIX
Conductividad :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
DBO ₅ :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
DQO :	5220C - Método. Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)
Sólidos Disueltos Totales :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Sólidos Suspendidos :	2540D - Secado 103 -105 °C
Turbiedad :	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro
Nitrato :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Diazotización (0 a 0.300 mg/l NO ₃ -N)
Nitrato :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Reducción de Cadmio (0 a 30.0 mg/l)
Alcalinidad :	2320B - Método de Titulación Potenciométrico (punto Final de pH)
Cloro Total :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl ₂)
Coliformes Fecales :	Técnica de Filtración de Membrana - Agar Cromocult/Kovacs

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

D.- Observaciones

La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 oC.

Diego Villafuerte R.
 Analista de Laboratorio

FUENTE: Autor

Ilustración 36 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanque séptico integrado- San Francisco de Cajas- Etapa: Sedimentación

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS



Guayaquil, 17 de Febrero del 2023

UCSG-LCA-0007

RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS Descargas de Aguas Residuales Domésticas

A.- Datos Generales

Cód. de muestra:	Pdes-02-001	Fecha muestreo:	31-ene-23
Zona:	Norte	Hora muestreo:	8:35:00 a.m.
Ubicación:	San Francisco de Cajas - cantón Cayambe	Tipo de muestra:	Simple
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanque séptico integrado (etapa: Sedimentador)	Resp. muestreo:	Aage Villafuerte

B.- Resultados

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	H ⁺	8.17
Temperatura	°C	26.40
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	0.27
Conductividad	uS/cm	1,172.00
DBO ₅	mg O ₂ /l	50.00
DQO	mg O ₂ /l	176.00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	564.00
Sólidos Suspensos	mg/l	58.00
Turbiedad	NTU	241.00
Nitritos	mg/l	0.052
Nitratos	mg/l	9.70
Alcalinidad Total	mgCaCO ₃ /l	235.00
Cloro Total	mg/l	0.00
Coliformos Fecales	UFC/100ml	3.8 E 4

C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada

pH:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Temperatura:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Oxígeno Disuelto:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
Conductividad:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
DBO ₅ :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
DQO:	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)
Sólidos Disueltos Totales:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Sólidos Suspensos:	2540D - Secado 103 - 103 °C
Turbiedad:	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro
Nitrito:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Diazotización (0 a 0.300 mg/l NO ₂ -N)
Nitrato:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Reducción de Cadmio (0 a 30.0 mg/l N)
Alcalinidad:	3320B - Método de Titulación Potenciométrico (punto Final de pH)
Cloro Total:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl ₂)
Coliformos Fecales:	Técnica de Filtración de Membrana - Agar Cromocult/Kovacs

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

D.- Observaciones

La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.


 Bigo, Wilson Abarca R.
 Analista de Laboratorio

FUENTE: Autor

Ilustración 37 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanque séptico integrado- San Francisco de Cajas- Etapa: Filtro de grava



RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS Descargas de Aguas Residuales Domésticas

A.- Datos Generales

Cód. de muestra:	Pdes-02-002	Fecha muestreo:	31-ene.-23
Zona:	Norte	Hora muestreo:	8:45:00 a.m.
Ubicación:	San Francisco de Cajas - cantón Cayambe	Tipo de muestra:	Simple
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanque séptico integrado (etapa: Filtro grava)	Resp. muestreo:	Angie Villafuerte

B.- Resultados

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	H ⁺	5,38
Temperatura	°C	26,00
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	2,32
Conductividad	µS/cm	1,445,00
DBO ₅	mg O ₂ /l	1,087,00
DQO	mg O ₂ /l	3,212,00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	700,00
Sólidos Suspendedos	mg/l	1,855,00
Turbiedad	NTU	2,892,00
Nitritos	mg /l	0,011
Nitratos	mg /l	2,70
Alcalinidad Total	mg /l	45,00
Cloro Total	mg/l	0,30
Coliformes Fecales	UFC/100ml	0,0 E.3

C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada

pH:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Temperatura:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Oxígeno Disuelto:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
Conductividad:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
DBO ₅ :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
DQO:	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)
Sólidos Disueltos Totales:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Sólidos Suspendedos:	2540D - Secado 103 - 105 °C
Turbiedad:	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro
Nitrato:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Diazotización (0 a 0,300 mg/l NO ₃ -N)
Nitrato:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Reducción de Cadmio (0 a 30,0 mg/l)
Alcalinidad:	2320B - Método de Titulación Potenciométrica (punto Final de pH)
Cloro Total:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10,0 mg/l como Cl ₂)
Coliformes Fecales:	Técnica de Filtración de Membrana - Agar Cromocult/Kovacs

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

D.- Observaciones

La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

Bto. Edison Alvarado R.
Analista de Laboratorio

FUENTE: Autor

Ilustración 38 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanque séptico integrado- San Francisco de Cajas- Etapa: Cloración

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS



Guayaquil, 17 de Febrero del 2023

UCSG-LCA-0009

RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS Descargas de Aguas Residuales Domésticas

A.- Datos Generales

Cód. de muestra: Pdes-02-003

Fecha muestreo: 31-ene.-23

Zona: Norte

Hora muestreo: 8:52:00 a.m.

Ubicación: San Francisco de Cajas - cantón Cayambe

Tipo de muestra: Simple

Lugar: Sistema de Tratamiento
Biotanque séptico integrado (etapa: Clorado)

Resp. muestreo: Angie Villafuerte

B.- Resultados

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	H ⁺	2.31
Temperatura	°C	26.50
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	3.04
Conductividad	mS/cm	3.93
DBO ₅	mg O ₂ /l	233.00
DQO	mg O ₂ /l	538.00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1,983.00
Sólidos Suspendedos	mg/l	49.00
Turbiedad	NTU	123.00
Nitritos	mg/l	0.000
Nitratos	mg/l	0.00
Alcalinidad Total	mg/l	0.00
Cloro Total	mg/l	RLD
Coliformes Fecales	UPC/100ml	0.0 E 3

RLD.- Excede Limite de Detección

C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada

pH:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Temperatura:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Oxígeno Disuelto:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
Conductividad:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
DBO ₅ :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
DQO:	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)
Sólidos Disueltos Totales:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Sólidos Suspendedos:	2540D - Secado 103 ± 0.5 °C
Turbiedad:	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro
Nitrito:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Diazotización (0 a 0.300 mg/l NO ₂ -N)
Nitrato:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Reducción de Cadmio (0 a 30.0 mg/l)
Alcalinidad:	2320B - Método de Titulación Potenciométrico (punto Final de pH)
Cloro Total:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl ₂)
Coliformes Fecales:	Técnica de Filtración de Membrana - Agar Cromocult/Kovacs

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEP).

D.- Observaciones

La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

Edson Alvarado R.
Analista de Laboratorio

FUENTE: Autor

Ilustración 39 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanque séptico integrado- San Francisco de Cajas- Etapa: Carbón Activado



Guayaquil, 17 de Febrero del 2023

UCSG-LCA-0010

RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS
Descargas de Aguas Residuales Domésticas

A.- Datos Generales

Cód. de muestra: **Pdes-02-004** Fecha muestreo: 31-ene.-23
Zona: Norte Hora muestreo: 9:02:00 a.m.
Ubicación: San Francisco de Cajas - cantón Cayambe Tipo de muestra: Simple
Lugar: Sistema de Tratamiento Resp. muestreo: Angie Villafuerte
Biotanque séptico integrado (etapa: Filtro Carbón Activado)

B.- Resultados

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	H ⁺	5,42
Temperatura	°C	25,60
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	3,48
Conductividad	mS/cm	2,54
DBO ₅	mg O ₂ /l	202,00
DQO	mg O ₂ /l	558,00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1.320,00
Sólidos Suspendedos	mg/l	713,00
Turbiedad	NTU	892,00
Nitritos	mg/l	0,000
Nitratos	mg/l	0,20
Alcalinidad Total	mg/l	40,00
Cloro Total	mg/l	BLD
Coliformes Fecales	UFC/100ml	0,0 E. 3

BLD.- Excede Limite de Detección

C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada

pH :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Temperatura :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Oxígeno Disuelto :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
Conductividad :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
DBO ₅ :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
DQO :	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)
Sólidos Disueltos Totales :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Sólidos Suspendedos :	2540D - Secado 103 - 105 °C
Turbiedad :	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro
Nitrito :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Diazotización (0 a 0,300 mg/l NO ₂ -N)
Nitrato :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Reducción de Cadmio (0 a 30,0 mg/l)
Alcalinidad :	2320B - Método de Titulación Potenciométrico (punto Final de pH)
Cloro Total :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10,0 mg/l como Cl ₂)
Coliformes Fecales :	Técnica de Filtración de Membrana - Agar Cromocult/Krovars

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

D.- Observaciones

La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 oC.

Biga Patricia Alvarado R.
Analista de Laboratorio

FUENTE: Autor

Ilustración 40 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanque séptico integrado- San Francisco de Cajas- Etapa: Efluente

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS



Guayaquil, 17 de Febrero del 2023

UCSG-LCA-0011

RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS Descargas de Aguas Residuales Domésticas

A.- Datos Generales

Cód. de muestra:	Pdes-02-005	Fecha muestreo:	31-ene.-23
Zona:	Norte	Hora muestreo:	9:17:00 a.m.
Ubicación:	San Francisco de Cajas - cantón Cayambe	Tipo de muestra:	Simple
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanque séptico integrado (etapa: Efluente)	Resp. muestreo:	Angie Villafuerte

B.- Resultados

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	H ⁺	6.63
Temperatura	°C	26.00
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	6.08
Conductividad	mS/cm	2.51
DBO ₅	mg O ₂ /l	88.90
DQO	mg O ₂ /l	215.00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1.243.00
Sólidos Suspensos	mg/l	138.00
Turbiedad	NTU	194.00
Nitritos	mg/l	0.019
Nitratos	mg/l	3.50
Alcalinidad Total	mg/l	135.00
Cloro Total	mg/l	3.70
Coliformes Fecales	UFC/100ml	0.0 E. 3

C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada

pH:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Temperatura:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Oxígeno Disuelto:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
Conductividad:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
DBO ₅ :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
DQO:	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)
Sólidos Disueltos Totales:	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Sólidos Suspensos:	2540D - Secado 103 - 105 °C
Turbiedad:	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro
Nitrito:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Diazotización (0 a 30.0 mg/l NO ₂ -N)
Nitrato:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Reducción de Cadmio (0 a 30.0 mg/l)
Alcalinidad:	2320B - Método de Titulación Potenciométrico (punto Final de pH)
Cloro Total:	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl ₂)
Coliformes Fecales:	Técnica de Filtración de Membrana - Agar Cromocult/Kowa's

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

D.- Observaciones

La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 oC.


 Blas López Alvarado R.
 Analista de Laboratorio

FUENTE: Autor

Ilustración 41 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanque séptico integrado- Urku Sisa- Etapa: Sedimentación

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS



Guayaquil, 17 de Febrero del 2023

UCSG-LCA-0012

RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS Descargas de Aguas Residuales Domésticas

A.- Datos Generales

Cód. de muestra: **Pdes-02-006**

Zona: Norte

Ubicación: Urku Sisa - cantón Cayambe

Lugar: Sistema de Tratamiento

Biotanque séptico integrado (etapa: Sedimentador)

Fecha muestreo: 31-ene.-23

Hora muestreo: 11:00:00 a.m.

Tipo de muestra: Simple

Resp. muestreo: Angie Villafuerte

B.- Resultados

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	H ⁺	8.21
Temperatura	°C	26.40
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	0.08
Conductividad	uS/cm	1,638.00
DBP ₅	mg O ₂ /l	248.00
DQO	mg O ₂ /l	586.00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	799.00
Sólidos Suspendedos	mg/l	389.00
Turbiedad	NTU	531.00
Nitritos	mg/l	0.050
Nitratos	mg/l	13.40
Alcalinidad Total	mg/l	425.00
Cloro Total	mg/l	0.00
Coliformes Fecales	UFC/100ml	8.2 E 5
nd.- No detectado		

C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada

pH :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Temperatura :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Oxígeno Disuelto :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
Conductividad :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
DBP ₅ :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
DQO :	E220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)
Sólidos Disueltos Totales :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Sólidos Suspendedos :	2b40L - Secado 103 - 105 °C
Turbiedad :	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro
Nitrito :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Diazotización (0 a 0.300 mg/l NO ₂ -N)
Nitrato :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Reducción de Cadmio (0 a 30.0 mg/l N)
Alcalinidad :	2320B - Método de Titulación Potenciométrico (punto Final de pH)
Cloro Total :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl ₂)
Coliformes Fecales :	Técnica de Filtración de Membrana - Agar Cromocult/Kovacs

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEP).

D.- Observaciones

La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

Blgo. Edison Alvarado R.
 Analista de Laboratorio

Ilustración 42 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanque séptico integrado- Urku Sisa- Etapa: Filtro de grava

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS



Guayaquil, 17 de Febrero del 2023

UCSG-LCA-0013

RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS Descargas de Aguas Residuales Domésticas

A.- Datos Generales

Cód. de muestra: **Pdes-02-007**

Zona : Norte

Ubicación : Urku Sisa - cantón Cayambe

Lugar: Sistema de Tratamiento

Biotanque séptico integrado (etapa: Filtro grava)

Fecha muestreo: 31-ene.-23

Hora muestreo: 11:07:00 a.m.

Tipo de muestra : Simple

Resp. muestreo : Angie Villafuerte

B.- Resultados

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	H ⁺	8.22
Temperatura	°C	26.50
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	0.10
Conductividad	uS/cm	1,826.00
DBO ₅	mg O ₂ /l	1,297.80
DQO	mg O ₂ /l	1,388.00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	891.00
Sólidos Suspendedos	mg/l	378.00
Turbiedad	NTU	752.00
Nitritos	mg/l	0.056
Nitratos	mg/l	20.80
Alcalinidad Total	mg/l	475.00
Cloro Total	mg/l	0.00
Coliformes Fecales	UFC/100ml	9.1 E 5
nd.- No detectado		

C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada

pH :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Temperatura :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Oxígeno Disuelto :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDX
Conductividad :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
DBO ₅ :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDX
DQO :	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)
Sólidos Disueltos Totales :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Sólidos Suspendedos :	2540D - Secado 103 - 105 ° C
Turbiedad :	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro
Nitrito :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Diazotización (0 a 0.300 mg/l NO ₂ ⁻ -N)
Nitrato :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Reducción de Cadmio (0 a 30.0 mg/l N)
Alcalinidad :	2320B - Método de Titulación Potenciométrico (punto Final de pH)
Cloro Total :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl ₂)
Coliformes Fecales :	Técnica de Filtración de Membrana - Agnr Chromocult/Kovacs

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

D.- Observaciones

La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

Bigo Edison Alvarado R.
Analista de Laboratorio

FUENTE: Autor

Ilustración 43 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanque séptico integrado- Urku Sisa- Etapa: Cloración



RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS Descargas de Aguas Residuales Domésticas

A.- Datos Generales

Cód. de muestra:	Pdes-02-008	Fecha muestreo:	31-eac.-23
Zona :	Norte	Hora muestreo:	11:14:00 a.m.
Ubicación :	Urku Sisa - cantón Cayambe	Tipo de muestra :	Simple
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanque séptico integrado (etapa: Clorado)	Resp. muestreo :	Angie Villafuerte

B.- Resultados:

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	H ⁺	7.99
Temperatura	°C	25.90
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	0.07
Conductividad	ms/cm	3.07
DBO ₅	mg O ₂ /l	1,681.00
DQO	mg O ₂ /l	2,216.00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	1,532.00
Sólidos Suspendedos	mg/l	1,230.00
Turbiedad	NTU	1,356.00
Nitritos	mg/l	0.078
Nitratos	mg/l	6.40
Alcalinidad Total	mg/l	525.00
Cloro Total	mg/l	0.06
Coliformes Fecales	UFC/100ml	9,9 E 5
nd.	No detectado	

C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada

pH :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Temperatura :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Oxígeno Disuelto :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
Conductividad :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
DBO ₅ :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
DQO :	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)
Sólidos Disueltos Totales :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Sólidos Suspendedos :	2540D - Secado 103 -105 ° C
Turbiedad :	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro
Nitrito :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Diazotización (0 a 0.300 mg/l NO ₂ -N)
Nitrato :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Reducción de Cadmio (0 a 30.0 mg/l N)
Alcalinidad :	2320B - Método de Titulación Potenciométrico (punto Final de pH)
Cloro Total :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl ₂)
Coliformes Fecales :	Técnica de Filtración de Membrana - Agar Cromocult/Kovacs
La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEP).	

D.- Observaciones

La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 oC.

Biga Edison Alvarado R.
 Analista de Laboratorio

FUENTE: Autor

Ilustración 44 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanque séptico integrado- Urku Sisa- Etapa: Carbón Activado

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS



Guayaquil, 17 de Febrero del 2023

UCSG-LCA-0015

RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS Descargas de Aguas Residuales Domésticas

A.- Datos Generales

Cód. de muestra:	Pdes-02-009	Fecha muestreo:	31-ene.-23
Zona :	Norte	Hora muestreo:	11:21:00 a.m.
Ubicación :	Urku Sisa - cantón Cayambe	Tipo de muestra :	Simple
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanque séptico integrado (etapa: Filtro Carbón Activado)	Resp. muestreo :	Angie Villafuerte

B.- Resultados

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	H ⁺	8.00
Temperatura	°C	26.20
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	0.27
Conductividad	uS/cm	1,883.00
DBO ₅	mg O ₂ /l	1,231.80
DQO	mg O ₂ /l	2,004.00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	918.00
Sólidos Suspendidos	mg/l	1,415.00
Turbiedad	NTU	1,520.00
Nitritos	mg/l	0.092
Nitratos	mg/l	23.00
Alcalinidad Total	mg/l	510.00
Cloro Total	mg/l	0.00
Coliformes Fecales	UFC/100ml	9.4 E 5

C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada

pH :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Temperatura :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Oxígeno Disuelto :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
Conductividad :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
DBO ₅ :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
DQO :	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)
Sólidos Disueltos Totales :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Sólidos Suspendidos :	2540D - Secado 103 - 105 °C
Turbiedad :	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro
Nitrato :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Diazotización (0 a 0.300 mg/l NO ₃ ⁻ -N)
Nitrato :	Método Colorimétrico-Equipo DR-6000-Reducción de Cadmio (0 a 30.0 mg/l NO ₃ ⁻ -N)
Alcalinidad :	2320B - Método de Titulación Potenciométrico (punto Final de pH)
Cloro Total :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl ₂)
Coliformes Fecales :	Técnica de Filtración de Membrana - Agua Cromocultivos

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

D.- Observaciones

La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.

Rigoberto Alvarado R.
 Analista de Laboratorio

Ilustración 45 Resultados de laboratorio de calidad de aguas- Biotanque séptico integrado- Urku Sisa- Etapa: Efluente



Guayaquil, 17 de Febrero del 2023

UCSG-LCA-0016

RESULTADOS DE LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUAS Descargas de Aguas Residuales Domésticas

A.- Datos Generales

Cód. de muestra:	Pdes-02-010	Fecha muestreo:	31-ene.-23
Zona :	Norte	Hora muestreo:	11:29:00 a.m.
Ubicación :	Urku Sisa - cantón Cayambe	Tipo de muestra :	Simple
Lugar:	Sistema de Tratamiento Biotanque séptico integrado (etapa: Efluente)	Resp. muestreo :	Angie Villafuerte

B.- Resultados:

Parámetro	Unidad	Resultado
pH	H ⁺	7.55
Temperatura	°C	26.30
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /l	0.38
Conductividad	µS/cm	1,987.00
DBO ₅	mg O ₂ /l	817.80
DQO	mg O ₂ /l	1,229.00
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	973.00
Sólidos Suspendidos	mg/l	670.00
Turbiedad	NTU	1,004.00
Nitritos	mg/l	0.057
Nitratos	mg/l	10.08
Alcalinidad Total	mg/l	465.00
Cloro Total	mg/l	0.00
Coliformes Fecales	UFC/100ml	1.5 E 5

C.- Técnica de muestreo y análisis utilizada

pH :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Temperatura :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Oxígeno Disuelto :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
Conductividad :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
DBO ₅ :	5210 B - Método de Lectura - Equipo Multiparámetro HQ40d Sonda LDO
DQO :	5220C - Método, Reflujo Cerrado - Equipo DR-6000 (Rango Alto 0 a 1500)
Sólidos Disueltos Totales :	Medición Directa - Equipo Multiparámetro HQ40d
Sólidos Suspendidos :	2540D - Secado 103 -105 ° C
Turbiedad :	Método Colorimétrico - Equipo 2100Q - Turbidímetro
Nitrato :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Diazotización (0 a 0.300 mg/l NO ₃ ⁻ -NO ₂ ⁻)
Nitrato :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - Reduccion de Cadmio (0 a 30.0 mg/l N)
Alcalinidad :	2320B - Método de Titulación Potenciometrico (punto Final de pH)
Cloro Total :	Método Colorimétrico - Equipo DR-6000 - DPD (0 a 10.0 mg/l como Cl ₂)
Coliformes Fecales :	Técnica de Filtración de Membrana - Agar Cromocult/Kovacs

La toma de muestra, preservación y análisis de laboratorio se efectuaron bajo las recomendaciones del Estándar Métodos para análisis de aguas y aguas residuales Edición No. 19, 1995 (APHA, AWWA, WEF).

D.- Observaciones

La muestra, para la determinación de parámetros microbiológicos, fue preservada en recipientes esterilizados bajo 15 °C.


 Blgo. Edison Avarado R.
 Analista de Laboratorio

FUENTE: Autor



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Villafuerte Macas, Angie Maite**, con C.C: # **0928566561** autora del trabajo de titulación: **Estudio del tratamiento complementario en sistemas plásticos compactos para el tratamiento de aguas residuales domésticas**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Civil** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **27 de febrero del 2023**

f. _____

Angie V.

Nombre: **Villafuerte Macas, Angie Maite**

C.C: **0928566561**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Estudio del tratamiento complementario en sistemas plásticos compactos para el tratamiento de aguas residuales domésticas.		
AUTOR(ES)	Angie Maite, Villafuerte Macas		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Clara Catalina, Glas Cevallos		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Ingeniería		
CARRERA:	Carrera de Ingeniería Civil		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Civil		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	27 de febrero del 2023	No. DE PÁGINAS:	94
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ingeniería, Aguas Residuales, Tratamiento, Sistemas Plásticos Compactos.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Sistemas Plásticos Compactos, Tratamiento, Aguas Residuales, DBO5, DQO, Coliformes Fecales.		
RESUMEN:	<p>El presente trabajo evalúa un tratamiento complementario al sistema de tratamiento de aguas residuales domésticas en sistemas plásticos compactos para poblaciones pequeñas, con base en determinación de los parámetros físicos, químicos y bacteriológicos. Para esto se monitorearon cuatro sistemas plásticos compactos anaerobios instalados en Región Sierra y Costa, se tomaron muestras en diferentes puntos de los sistemas plásticos compactos. Para la realización de los análisis de laboratorio se aplicó los métodos establecidos en el manual "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater". Los resultados obtenidos se comparan con la normativa ambiental vigente y determina la eficiencia de la PTAR en función de la calidad de agua del efluente y afluente. Los resultados demuestran que la falta de mantenimiento de los sistemas plásticos compactos puede ser un determinante al momento de evaluar la eficiencia de las PTAR, ya que los resultados son variables, algunos parámetros cumplen con los límites permisibles de la normativa ambiental vigente, otros no.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593995052782	E-mail: angie.villafuerte@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Clara Glas Cevallos		
	Teléfono: +593-4 -2206956		
	E-mail: clara.glas@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			