

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

PROPUESTA DE MEJORAS A LOS SISTEMAS DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO DEL CANTÓN CAYAMBE

REHABILITACIÓN DE DOS ESTRUCTURAS MENORES DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL SECTOR SUR DE CAYAMBE

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO SUPERIOR
EN AGUA Y SANEAMIENTO AMBIENTAL**

JUAN PABLO QUINGA ESTRELLA

DIRECTOR: ING.EDUARDO MAURICIO VÁSQUEZ FALCONES, Msc

DMQ, Octubre 2023

CERTIFICACIONES

Yo, Juan Pablo Quinga Estrella declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

JUAN PABLO QUINGA ESTRELLA

juan.quinga@epn.edu.ec

juanpabloqe@hotmail.com

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por Juan Quinga, bajo mi supervisión.

Eduardo Mauricio Vásquez Falcones

DIRECTOR

eduardo.vasquez@epn.edu.ec

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

Juan Pablo Quinga Estrella

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIONES.....	2
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	3
ÍNDICE DE CONTENIDO	4
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS.....	9
INDICE DE FORMULAS	10
RESUMEN	11
ABSTRACT	12
1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	13
1.1 OBJETIVO GENERAL	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
1.3 ALCANCE	15
1.4 MARCO TEÓRICO.....	16
1.4.1 AGUAS RESIDUALES.....	16
1.4.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES	17
1.4.3 COMPONENTES EMPLEADOS PARA CARACTERIZAR LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS.....	18
1.4.4 CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES	19
1.4.5 SISTEMAS DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES	20
1.4.6 MÉTODOS DE MUESTREO EN LA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES.....	21
1.4.7 TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES	22
2 METODOLOGÍA	25
2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	25

2.1.1 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	26
2.1.2 INFORMACIÓN BASE.....	26
2.2 EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO	27
2.2.1 CAUDALES	27
2.3 CÁLCULO DE DIMENSIONES DEL TANQUE IMHOFF DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.	30
2.3.1 CALCULO DE CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN.....	30
2.3.2 CÁMARA DE ALMACENAMIENTO Y CAPTACIÓN DE BIOGÁS	32
2.3.3 CÁMARA DE ALMACENAMIENTO Y CAPTACIÓN DE BIOGÁS	33
2.4 MUESTREO Y CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL	33
2.4.1 MEDICIONES DE PARÁMETROS IN SITU	34
2.4.2 ANÁLISIS DE PARÁMETROS EN EL LABORATORIO.....	35
2.4.3 VOLUMEN DE LA MUESTRA COMPUESTA.....	35
2.4.4 PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA COMPUESTA.....	36
2.5 MEJORAS DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO	36
2.5.1 DIMENSIONAMIENTO TRATAMIENTO DEFINITIVO.....	36
2.5.2 ZANJA DE INFILTRACIÓN.....	37
2.5.3 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL TANQUE IMHOFF	39
3 RESULTADOS	40
3.1 RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	40
3.1.1 RESULTADOS DE INFORMACIÓN BASE.....	40
3.1.2. RESULTADOS EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO	43

3.1.3	RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DIMENSIONES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO (TANQUE IMHOFF)	45
3.2	RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL.....	49
3.3	RESULTADOS DE MEJORAS DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO	55
4	CONCLUSIONES	57
5	RECOMENDACIONES.....	58
6	BIBLIOGRAFÍA.....	60
7	ANEXOS.....	62
	ANEXO I: PORCENTAJE DE PLAGIO	62
	ANEXO II: PLAN DE MUESTREO.....	63
	ANEXO III: MÉTODOS DE ANÁLISIS FÍSICOS DE PARÁMETROS EN LABORATORIO	65
	ANEXO IV: MÉTODOS DE ANÁLISIS DE PARÁMETROS QUÍMICOS....	67
	ANEXO V: MÉTODOS DE ANÁLISIS DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS EN LABORATORIO.....	71
	ANEXO VI: COMPOSICIÓN TÍPICA DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA	72
	ANEXO VII: COMPOSICIÓN TÍPICA DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA (ROMERO ROJAS 2010)	73
	ANEXO VIII: COMPOSICIÓN TÍPICA DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA (TULMA 2013)	74
	ANEXO IX: INFILTRACIÓN BÁSICA Y TEXTURA DEL SUELO DEL CANTÓN CAYAMBE	77
	ANEXO X: INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS (CICAM)	78
	ANEXO XI: PLANO DE TANQUE IMHOFF	79
	ANEXO XII: PLANO DE ZANJA DE INFILTRACIÓN.....	80

ANEXO XIII: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	81
ANEXO XIV: MEMORIA TECNICA.....	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Componentes de aguas residuales.....	17
Tabla 2 Características básicas de aguas residuales	18
Tabla 3 Componentes de agua residual domestica	18
Tabla 4. Clases de tratamiento de aguas residuales	22
Tabla 5. Coeficientes de mayoración y minoración de caudales (EMAAP-Q,2006)	30
Tabla 6. Parámetros de medición.	34
Tabla 7. Parámetros de análisis en laboratorio.....	35
Tabla 8. Características de pozos de alcantarillado.....	41
Tabla 9. Características de tuberías de alcantarillado	42
Tabla 10. Características de tuberías del colector de alcantarillado	42
Tabla 11. Características generales del sistema de alcantarillado del Barrio Valle hermoso	43
Tabla 12. Resultados Caudal teórico	43
Tabla 13. Resultados Caudal de aforo.....	44
Tabla 14. Resultados Caudal futuro.....	45
Tabla 15. Dimensiones de tanque Imhoff para caudal teórico.	46
Tabla 16. Dimensiones de tanque Imhoff para caudal de aforo.....	47
Tabla 17. Dimensiones de tanque Imhoff para caudal futuro.....	48
Tabla 18. Resultados de caracterización in situ.....	49
Tabla 19. Resultados de caracterización en laboratorio.	51
Tabla 20. Dimensionamiento de la zanja de infiltración.	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño de Tanque Imhoff.	24
Figura 2. Pozo de revisión.	26
Figura 3. Medidor de flujo.	28
Figura 4 Equipos utilizados para medición.	34
Figura 5. Curva de consumo.	36
Figura 6. Preservación de muestras compuestas.	36
Figura 7. Tanque Imhoff y delimitación del Barrio Valle Hermoso.	40
Figura 8. Ubicación del tanque Imhoff del barrio Valle Hermoso.	41
Figura 9. Aforo de caudales.	45
Figura 10. Temperatura y color de agua residual.	49
Figura 11 Localización del pozo séptico que se realizó el muestreo.	50
Figura 12. Medición in situ con multiparámetro.	50
Figura 13. Sólidos totales.	52
Figura 14. Sólidos suspendidos y sólidos disueltos.	52
Figura 15. Tensoactivos y fosfatos.	53
Figura 16. Demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno.	54
Figura 17. Aceites, grasas y aluminio.	54
Figura 18. Coliformes fecales y coliformes totales.	55
Figura 19. Análisis de coliformes totales.	55
Figura 20. Zanja de infiltración. Vista en planta ESCALA 1:100.	56
Figura 21. Zanja de infiltración. Corte transversal. Escala 1:100.	57

INDICE DE FORMULAS

Ecuación 1. Ecuación del caudal teórico (EMMAP-Q, 2009).	27
Ecuación 2. Ecuación del caudal real. (EMMAP-Q, 2009)	28
Ecuación 3. Ecuación del ángulo interno. (EMMAP-Q, 2009)	28
Ecuación 4. Ecuación del área mojada. (EMMAP-Q, 2009)	29
Ecuación 5. Ecuación del caudal futuro. (EMMAP-Q, 2009)	29
Ecuación 6. Ecuación del caudal futuro. (EMMAP-Q, 2009)	30
Ecuación 7. Ecuación del caudal máximo	31
Ecuación 8. Ecuación del área superficial. (EMMAP-Q, 2009).	31
Ecuación 9. Ecuación del ancho. (EMMAP-Q, 2009)	31
Ecuación 10. Ecuación del volumen del sedimentador. (EMMAP-Q, 2009)....	31
Ecuación 11. Ecuación del área del biogás. (Salud, 2005)	32
Ecuación 12. Ecuación del área de cada cámara de biogás. (Salud, 2005) ...	32
Ecuación 13. Ecuación del ancho de cada cámara. (Salud, 2005)	32
Ecuación 14. Ecuación del área del biogás. (Salud, 2005)	32
Ecuación 15. Ecuación del volumen de lodos. (Salud, 2005)	33
Ecuación 16. Ecuación del área de la profundidad de lodos. (Salud, 2005) ...	33
Ecuación 17. Ecuación del área de infiltración	38
Ecuación 18. Perímetro efectivo	38
Ecuación 19. Longitud de la zanja de infiltración.	38

RESUMEN

El proyecto de titulación evalúa la rehabilitación del Tanque Imhoff ubicado en la Ciudad de Cayambe, específicamente del barrio Valle Hermoso. En la actualidad las aguas residuales no reciben el tratamiento adecuado ya que el sistema de tratamiento se encuentra deshabilitado, ocasionando perjuicios al ambiente y la salud debido a la descarga directa de las aguas residuales.

La información recopilada para la ejecución del proyecto fue obtenida a partir de visitas técnicas en el Barrio Valle Hermoso y documentación facilitada por la Empresa Pública Municipal de Agua Potable Alcantarillado y Aseo Cayambe (EMAPAAC-EP), que comprendió en datos de diámetros de tuberías, cotas, poblaciones estimadas, áreas e informaciones de pozos.

Para la realización del proyecto, se midió los caudales de forma *in situ* en una jornada de 8 horas tomando en cuenta el calado y la velocidad real, en donde se logró determinar que la velocidad del caudal aforado no cumple con su dimensionamiento del tanque Imhoff mientras que el caudal teórico y caudal futuro si cumple. En el levantamiento de información se realizó el muestreo *in situ* del agua residual que genera la población y descarga en el sistema de alcantarillado.

A partir de una caracterización se desarrolló el muestreo del agua residual, se comparó con datos bibliográficos de características típicas de aguas residuales y normativa para verificar el nivel de contaminación para su depuración en el Tanque Imhoff y lograr la remoción de los contaminantes. Así mismo se consideró el sistema de postratamiento como lo es una zanja de Infiltración para establecer con los límites permisibles de descargas, para finalizar con el tratamiento del agua residual.

PALABRAS CLAVE: Aguas residuales, Tanque Imhoff, caudales, dimensionamiento, zanja de infiltración.

ABSTRACT

The titling project evaluates the rehabilitation of an Imhoff Tank located in the City of Cayambe, specifically in the Valle Hermoso neighborhood. Currently, wastewater does not receive adequate treatment since the treatment system is disabled, causing damage to the environment and health due to the direct discharge of wastewater.

The information collected for the execution of the project was obtained from technical visits in the Valle Hermoso neighborhood and documentation provided by the Municipal Public Company of Potable Water Sewer and Toilet Cayambe (EMAPAAC-EP), which included data on pipe diameters, elevations, estimated populations, areas and well information.

To carry out the project, the flows were measured in situ in an 8-hour day taking into account the draft and the real speed, where it was determined that the speed of the gauged flow does not comply with its sizing of the Imhoff tank while that the theoretical flow and future flow do comply. In the collection of information, on-site sampling of the wastewater generated by the population and discharged into the sewage system was carried out.

Based on a characterization, a sampling of the wastewater was developed, it was compared with bibliographic data of typical characteristics of wastewater and regulations to verify the level of contamination for its purification in the Imhoff Tank and achieve the removal of the contaminants. Likewise, a post-treatment system such as an Infiltration ditch was considered to establish the permissible limits of discharges, to end the treatment of residual water.

KEYWORDS: Wastewater, Imhoff Tank, flows, sizing, infiltration ditch.

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

La ciudad de Cayambe localizada en la zona centro del Ecuador cuenta con una población de 830000 habitantes. Dentro de la gestión de los servicios de agua potable, alcantarillado y aseo es administrativa por la Empresa pública municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Aseo Cayambe (EMAPAAC-EP). Dentro de todo el sistema de alcantarillado de la ciudad existen diferentes sistemas de tratamiento de agua residual.

En el sistema de alcantarillado del barrio Vista hermosa de la ciudad de Cayambe existe el Tanque Imhoff, que se encuentra rezagado por no estar en uso y en consecuencia la red de alcantarillado vierte los desechos directamente al cuerpo de agua del Río Granobles a través de una tubería emergente.

El manejo inadecuado del agua residual domestica e industrial, está ocasionando una contaminación grave que se presenta en los ríos aledaños y pozos de agua subterránea, por ello esta localidad necesita el manejo apropiado de sus aguas residuales. Para garantizar el ejercicio pleno del derecho humano al agua y saneamiento de la población, en condiciones de sostenibilidad y participación efectiva.

Para conocer el estado actual, dimensiones y ubicación del Tanque Imhoff dentro del proyecto, se recopiló información mediante visitas técnicas. Además, EMAPAAC proporcionó datos técnicos para el proyecto, como alturas de tuberías, diámetros de tuberías, número de pozos en la red de alcantarillado, información sobre las áreas y estimaciones de la población atendida. El cálculo tanto de los caudales teórico, aforados y anticipados sirvió de base para la evaluación de las características operativas del sistema, que actualizó las dimensiones del diseño en base a dichos caudales.

Esta localidad necesita el tratamiento de sus aguas residuales para cumplir con la normativa nacional para descargas de aguas residuales en ríos, según lo establecido en el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA), se plantea a partir del plan del muestreo y toma de muestras del agua

residual la caracterización y verificación del nivel de contaminación dentro del Tanque Imhoff y lograr la remoción de los contaminantes. Así mismo se considerará el sistema de postratamiento como lo es una zanja de Infiltración para cumplir con los límites permisibles de descargas, para finalizar con el tratamiento de las aguas residuales.

El análisis y caracterización del agua residual se realizó a partir de una comparación de los resultados del muestreo y análisis de las concentraciones de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos con tablas de la normativa del Texto Unificado de Legislación Secundaria de la Ministerio de Medio Ambiente (TULSMA) y una tabla típica de composición de aguas residuales domésticas adquirida de la literatura.

Finalmente, se evaluaron las concentraciones removidas por el sistema de tratamiento para ver si su efectividad era suficiente para realizar las descargas al río Granobles de acuerdo con la normativa ambiental del Ecuador, para lo cual se determinó la factibilidad de agregar una segunda operación de tratamiento conocida como zanja de infiltración que es el postratamiento para eliminar patógenos y cualquier carga orgánica que el tratamiento inicial no eliminó.

El sistema de tratamiento primario del tanque Imhoff es importante debido a que su no operación está afectando a la principal fuente de contaminación de aguas superficiales y subterráneas, perjudicando no solamente al recurso hídrico si no también afectando a el ecosistema. El saneamiento de aguas residuales se considera una necesidad ineludible, además es una responsabilidad y obligación de los organismos administrativos públicos cuidar y mitigar el impacto ambiental.

1.1 OBJETIVO GENERAL

Rehabilitar dos estructuras menores de tratamiento de aguas residuales en el sector sur de Cayambe.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Levantar información de los tanques Imhoff deshabilitados y caracterizar el agua residual que se descarga actualmente a cauces naturales.
2. Evaluar las características operacionales de los sistemas de tratamiento con caudales actualizados mediante el establecimiento de nuevos periodos de diseño.
3. Proponer mejoras a los sistemas de tratamiento actuales

1.3 ALCANCE

El presente proyecto comprende evaluar el sistema de tratamiento del barrio Valle Hermoso en la operación de sus sistemas de tratamiento con los caudales que ingresan. Además, se realizará el dimensionamiento del tanque Imhoff con los caudales actualizados para verificar con los caudales futuros las deficiencias del sistema ya construido.

La caracterización del agua residual a través del muestreo y los parámetros en campo siendo analizados en el laboratorio, permitirán verificar los niveles de concentraciones que requieren mayor tratamiento y si el sistema que la población posee actualmente tiene una adecuada eficiencia.

Se elaborarán posibles propuestas de tratamientos adicionales en caso de que los contaminantes no sean removidos efectivamente en el Tanque Imhoff, se procederá en la inserción de una zanja de infiltración como parte del postratamiento.

1.4 MARCO TEÓRICO

1.4.1 AGUAS RESIDUALES

En el planeta diversas actividades humanas conducen inevitablemente a la generación de residuos líquidos, residuos sólidos y residuos gaseosos. De esta forma el agua potable que se brinda a la población ve alteradas sus propiedades originales debido a la contaminación. Por lo tanto, el agua residual se puede definir como: La introducción de materiales, formas de energía o cualquier condición en el agua que directa o indirectamente provoque el deterioro de la calidad del agua en relación con su uso. Este tipo de agua incluye aguas residuales domésticas, industriales, agrícolas y pluviales, entre otras. (Méndez, 2011)

Entre las mayores descargas de agua residual se encuentra la doméstica, que proviene de actividades diarias como lavado de ropa, aseo personal, limpieza de viviendas y descargas de inodoros, etc. Este tipo de agua contiene una variedad de contaminantes, como materia orgánica, detergentes, productos químicos, bacterias y virus, que al momento de ser desechados terminan en los afluentes como ríos o quebradas. El agua residual industrial proviene de procesos como la producción de alimentos, la fabricación de productos químicos, la generación de energía y la minería. Puede contener sustancias tóxicas, metales pesados y productos químicos industriales entre otros. (CONAGUA-MX., 2007)

El agua residual agrícola en los sistemas de alcantarillado son el resultado del riego de cultivos con agua, la limpieza de instalaciones agrícolas y desechos tóxicos que se usan para el cuidado de plagas. Estas actividades pueden contener fertilizantes, pesticidas y productos químicos generando el riesgo de contaminación alto. Otro tipo de agua residual es la pluvial, que es el agua de lluvia que se acumula en áreas urbanas y se mezcla con contaminantes presentes en calles y superficies urbanas, como aceites de motor, residuos de animales y productos químicos presentes en las áreas urbanas. (Aldás, 2011)

De ahí la importancia de implementar sistemas que transformen el agua residual para proteger el medio ambiente y la salud pública, como necesidad prioritaria. Los sistemas de tratamiento de agua residual permiten que el agua tratada sea devuelta de manera segura al medio ambiente o reutilizada para fines no potables. (Calderón, 2016)

1.4.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las redes de alcantarillado de algunas ciudades están configuradas para funcionar como sistemas combinados, lo que hace que las aguas residuales se mezclen con los vertidos municipales y pluviales. Las características de las aguas residuales se dividen en: químicas, físicas y biológicas como se muestra en Tabla 1. (Calderón, 2016)

Tabla 1 Componentes de aguas residuales

Componentes químicos	Componentes físicos	Componentes microbiológicos
Proteínas, grasas animales, aceites, pesticidas, entre otros.	Color, olor, temperatura, sólidos, oxígeno, metano, entre otros.	Bacterias, virus, patógenos, entre otros.

Las aguas residuales son líquidas con carga contaminante, incluyendo principalmente materia orgánica, sólidos en suspensión, nitrógeno, fósforo, tensioactivos, grasas y aceites, microorganismos patógenos y contaminantes emergentes. Según la ley ecuatoriana, las empresas deben tratar las aguas residuales antes de transferirlas al sistema de alcantarillado a canales naturales. (Libre, 2015)

En la Tabla 2 se muestran algunos de los componentes de las aguas residuales y valores típicos de concentración de los mismos.

Tabla 2 Características básicas de aguas residuales

Contaminantes	Unidad	Intervalo	Valor típico
Sólidos totales	mg/L	350-1200	700
Sólidos suspendidos totales	mg/L	100-350	210
Sólidos sedimentables	mg/L	5-20	10
Demanda bioquímica de oxígeno a 5 días	mg/L	110-400	210
Demanda química de oxígeno	mg/L	250 - 1000	500
Nitrógeno total	mg/L	20 – 85	35
Amoníaco libre	mg/L	12 – 50	22
Nitritos	mg/L	0 – 0	0
Nitratos	mg/L	0 – 0	0
Fósforo total	mg/L	4-15	7
Cloruros	mg/L	30-100	50
Sulfatos	mg/L	20-50	30
Grasas y aceites	mg/L	50-150	90
Coliformes totales	NMP	10 ⁶ -10 ⁹	10 ⁷ -10 ⁸
Coliformes fecales	NMP	10 ³ -10 ⁷	10 ⁴ -10 ⁵

1.4.3 COMPONENTES EMPLEADOS PARA CARACTERIZAR LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS

En las aguas residuales urbanas se caracterizan por tener componentes físicos, componentes químicos y componentes biológicos, que sirven como parámetros para cuando existan contaminación y así realizar el tratamiento requerido.

Tabla 3 Componentes de agua residual domestica

FISICOS
Potencial de Hidrógeno: Genera variabilidad en la flora y fauna del agua.
Temperatura: Al subir o bajar la temperatura afectan las reacciones biológicas y químicas.

Sólidos suspendidos: Son partículas pequeñas que indican la presencia de sales disueltas.
Conductividad: Son los iones de las sales disueltas como los iones de sodio, cloruros, etc.
BIOLOGICOS
Coliformes Totales: Microorganismos de materia fecal animal y humano.
Coliformes Fecales: Indicador de carácter patógeno de bacterias y virus.
QUÍMICOS
DBO5: Es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para la descomposición.
DQO: Es la carga contaminante tanto de los desechos industriales o domésticos.
Detergentes: Los componentes orgánicos producen el consumo de oxígeno disuelto.
Aceites y grasas: Son lípidos en aguas domésticas y es difícil su degradación.

1.4.4 CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES

Se refiere a la cantidad de aguas residuales producidas por unidad de tiempo en áreas urbanas y transportadas desde la red de alcantarillado hasta las instalaciones de tratamiento. Este caudal está directamente relacionado con el consumo de agua de la población, que a su vez está relacionado con el progreso económico y social de la población. (EMMAP-Q, 2009)

1.4.4.1 Caudal sanitario

El caudal sanitario se refiere al flujo de agua o líquido residual que se produce en los sistemas de plomería y alcantarillado del edificio o vivienda. Se utiliza para calcular el diseño y dimensionamiento de los sistemas de desagüe y alcantarillado. (EMMAP-Q, 2009)

1.4.4.2 Caudales máximo horario

El caudal máximo horario representa la mayor cantidad de agua que puede pasar por el punto o tramo específico de una red de distribución de agua en el período de una hora. Además, es un parámetro importante para el diseño de sistemas de suministro de agua. (EMMAP-Q, 2009)

1.4.4.3 Caudal de infiltración

El caudal de infiltración se refiere al flujo de agua que se infiltra en el suelo y penetra en las redes de alcantarillado o en la cimentación de una estructura, este caudal puede ser aguas freáticas, aguas subterráneas o de otras fuentes de agua, como la lluvia. Además, es importante para el diseño y mantenimiento de sistemas de alcantarillado. (EMMAP-Q, 2009)

1.4.4.4 Caudal sanitario de diseño

El caudal sanitario de diseño se refiere al flujo máximo de aguas residuales que se espera que fluya a través del sistema de alcantarillado sanitario en el período de tiempo determinado. Este caudal se utiliza como base para el diseño y dimensionamiento de las redes de alcantarillado, así como para la selección de los componentes del sistema, como tuberías, pozos de inspección y estaciones de bombeo. (EMMAP-Q, 2009)

1.4.5 SISTEMAS DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES

El alcantarillado sanitario es el sistema compuesto de redes de tuberías que captan, conducen y evacuan las aguas residuales. Los sistemas conducen a las plantas de tratamiento, con el fin de tratar el agua servida y devolverla al ecosistema en una concentración más baja de contaminantes. El sistema mencionado con anterioridad es el más utilizado a la hora de recolectar los desechos fisiológicos de la comunidad para el cuidado del medio ambiente. (CONAGUA-MX., 2007)

En las redes de recolección y evacuación de aguas residuales, las tuberías de alcantarillado sanitario son importantes, estas tuberías tienen el diámetro interno

mínimo permitido, los tramos iniciales son de 250 mm, con la finalidad de evitar obstrucciones por objetos dentro del sistema. Existen tres tipos de sistemas de alcantarillado (CONAGUA-MX., 2007):

a) Sistema separado. Este sistema consta de dos alcantarillados independientes que transporta aguas pluviales y negras en cada colector.

b) Sistema combinado. Consiste en una red de tuberías que recogen y transportan tanto el agua de lluvia como las aguas negras.

c) Sistema semicombinado. Este sistema consta de un solo conducto independiente que transporta aguas pluviales y negras.

1.4.6 MÉTODOS DE MUESTREO EN LA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES

El muestreo se realiza con el propósito específico de caracterizar y evaluar la calidad del agua de diferentes fuentes por lo que es necesario analizar los parámetros físicos, químicos, biológicos y microbiológicos del agua respectiva. (Calderón, 2016)

Al momento de recoger la muestra representativa se debe analizar las muestras obtenidas. En general, las pruebas pueden ser de dos tipos, también llamadas pruebas simples y pruebas compuestas. (Calderón, 2016)

1.4.6.1 Muestras simples

Se recolecta en el lugar y momento específicos y generalmente se toma durante el corto período de tiempo, reflejando las condiciones específicas de la masa de agua en el momento y lugar de recolección. Generalmente son menos costosas que las muestras compuestas, este tipo de muestreo se recomienda cuando ocurren descargas de agua intermitentes. (Calderón, 2016)

1.4.6.2 Muestras compuestas

Es una colección de varias muestras simples recolectadas simultáneamente o en diferentes momentos durante el período de tiempo y combinadas en una

mezcla homogénea. Este tipo de muestreo se utiliza si la calidad del cuerpo de agua estudiado cambia durante el día; sin embargo, este tipo de muestreo es muy costoso, los análisis se pueden diluir hasta límites de detección y puede haber interacciones entre los parámetros que se quieren analizar. (Calderón, 2016)

1.4.7 TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUALES

El tratamiento de aguas residuales es esencialmente la eliminación o reducción de contaminantes en el agua, hasta alcanzar los niveles necesarios que constituye el procedimiento de depuración. El objetivo del tratamiento de aguas residuales ha sido tradicionalmente garantizar que puedan eliminarse de forma segura sin poner en peligro la salud pública, contaminar las vías fluviales. (Rodríguez, 1999)

En las exigencias para lograr el tratamiento óptimo de las aguas residuales, existen varios tipos de tratamiento que de acuerdo con las condiciones y características deben ser tratadas. (Rodríguez, 1999)

Tabla 4. Clases de tratamiento de aguas residuales

TIPOS DE TRATAMIENTO	
1. Pretratamiento	2. Primario
Tamiz grueso o fino, remoción de arena y remoción de grasa o aceite.	Tanque séptico, filtro de disco rotatorio y tanque tipo Imhoff.
3. Secundario	4. Avanzado
Unidad anaerobia, unidad de tratamiento biológico aerobio, zanja de infiltración, filtro de grava y filtro de arena.	Filtración rápida, humedal artificial, desinfección con cloro, radiación UV, uso de membranas y carbón activado, filtro de lecho empacado y re-purificación

1.4.7.1 Pretratamiento

Implica la erradicación de material desmesurado para prevenir el deterioro de los equipos, regula los caudales y genera las condiciones adecuadas para el tratamiento primario a ser efectuado. (Rodríguez, 1999)

1.4.7.2 Tratamiento primario

La fase de tratamiento primario consiste en el proceso de depuración de materiales sólidos en suspensión y sedimentables. Su importancia es tener principal enfoque en la remoción de los sólidos orgánicos característicos de aguas residuales domésticas e industriales. (Rodríguez, 1999)

a) Tanque Imhoff

El tanque Imhoff posee varios compartimentos internos cuyo propósito es eliminar los sólidos en suspensión del agua residual, especialmente del agua residual domésticas, mediante procesos de sedimentación y degradación anaerobia. El tamaño de población recomendado es entre 500 y 5.000 personas y no requiere mantenimiento profesional debido a su simplicidad. (Rodríguez, 1999)

El tanque Imhoff generalmente es de forma rectangular con tres compartimentos como se muestra en la Figura 1:

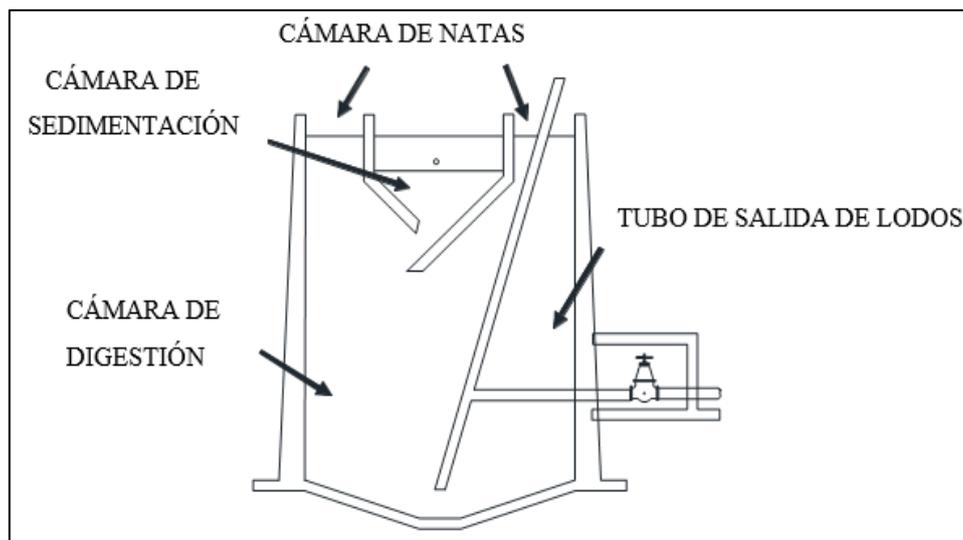


Figura 1. Diseño de Tanque Imhoff.

En la cámara de sedimentación del tanque Imhoff consta de una cámara inferior de digestión de sólidos sedimentados y una cámara superior de sedimentación, que debe tener una capacidad de almacenamiento de lodos de 6 meses, y que debe diseñarse con el caudal superficial de 25 a 40 ($m^3/m^2/d$). Fluye a través de la cámara de sedimentación el agua residual y la mayoría de los sólidos se mueven a la base por gravedad. (Salas, 2018)

En la cámara de digestión de lodos los sólidos entran en contacto con la pared inferior inclinada y se deslizan hacia abajo, hasta que salen de la cámara de sedimentación y pasan a través de los canales. El propósito de este canal es evitar el ascenso de los gases producidos después de la digestión y los sólidos sedimentables pueden ser suspendidos por estos gases, transfiriendo así estos sólidos sedimentables. (Salas, 2018)

En cuanto a los gases que generan los tanques Imhoff durante la digestión salen del reactor en la cámara de lodos a través del área de ventilación del tanque, el diseño de la abertura en la parte inferior del decantador del tanque Imhoff evita que los gases y sólidos arrastrados vuelvan a entrar en la cámara de decantación. El lodo acumulado en el digestor se retira periódicamente del reactor y se transporta al lecho de secado u otro tratamiento específico. Dado

que este es el proceso anaeróbico, es decir, sin oxígeno, se produce gas, se recomienda construirlo lejos de áreas pobladas. (Salas, 2018)

1.4.7.3 Tratamiento secundario o biológico

Exclusión de material orgánico con la ayuda de reactores biológicos, para destituir la materia y convertir en componentes más simples. Comúnmente se generan crecimientos bacterianos para la digestión de la materia orgánica biodegradable. (Salas, 2018)

a) Tratamiento adicional zanja de infiltración

Esta operación unitaria es uno de los procesos finales dentro de la planta de tratamiento de aguas residuales, ya que hasta aquí llega agua tratada tanto primaria como secundaria. Las zanjas de infiltración son áreas de infiltración donde tienen lugar procesos biológicos y físicos para depurar estas emisiones de forma natural mediante la infiltración en el suelo. (Rodríguez, 1999)

1.4.7.4 Tratamiento avanzado

El tratamiento avanzado es el orden de pasos predestinados para alcanzar un grado satisfactorio de agua que supere la del tratamiento anterior, es decir, con lleva a la degradación de sólidos en suspensión, osmosis inversa, oxidación química, entre otros. (Rodríguez, 1999)

2 METODOLOGÍA

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

En la región sierra del Ecuador la provincia de Pichincha integra 8 cantones de los cuales el cantón Cayambe con la población aproximadamente de 830000 habitantes, este cantón posee una mayor actividad agrícola y ganadera de esta provincia. El cantón se divide en 2 parroquias urbanas y 6 parroquias rurales, la parroquia Cayambe consta de barrios que disponen servicios básicos como energía eléctrica, agua potable, alcantarillado y recolección de residuos.

El barrio Vista Hermosa de la parroquia Cayambe dispone dentro su perímetro domicilios, plantaciones agrícolas y empresas lácteas, dentro de los servicios básicos de este barrio encontramos el sistema de tratamiento mixto de agua residual, donde se esparcen fluidos domésticos, industriales y agrícolas entre otros. Al final del sistema se logró identificar el tanque Imhoff inoperativo por falta de mantenimiento y una tubería de todo el sistema que va directo a descargar al río Granobles.

2.1.1 LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

A partir de una visita técnica al barrio Valle hermoso de la ciudad de Cayambe, se realizó el levantamiento de la información con la verificación del estado del sistema de tratamiento, sus medidas, una inspección de los pozos de revisión más cercanos al tanque Imhoff que permitieron definir el sitio de toma de las muestras y obtención del sitio de aforo de los caudales con el medidor de flujo y el multiparámetro.

Figura 2. Pozo de revisión.



2.1.2 INFORMACIÓN BASE

La información base fue adquirida de datos facilitados de la EMAPAAC-EP, en donde constan numeraciones de pozos, medidas de pozos, longitudes de colectores, datos de la sectorización del barrio Valle hermoso, cotas de tuberías del sistema de alcantarillado de descarga hacia el tanque Imhoff, población y área de servicio del sistema.

2.2 EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

La evaluación del sistema de tratamiento abarcó la verificación de la capacidad suficiente para el caudal al que va ser tratado en el Tanque Imhoff del Barrio Valle Hermoso, con la verificación de los caudales de diseño del Tanque Imhoff fueron actualizados y calculados.

2.2.1 CAUDALES

2.2.1.1 Caudales teóricos

Para el cálculo de los caudales teóricos se obtuvo la información que fue entregada por la EMAPACC-EP como población registrada actualmente y dotación de agua potable.

Según el consumo doméstico que se analiza, el coeficiente de retorno promedio corresponde al 85% de la dotación. (Pérez Carmona, 2013)

$$Q_t = \frac{Pob \cdot Dot \cdot Cr}{86400}$$

Ecuación 1. Ecuación del caudal teórico (EMMAP-Q, 2009).

Qt= Caudal teórico (L/s)

Pob= Población (n° de habitantes)

Dot= Dotación de agua potable (L/hab*día)

Cr= Coeficiente de retorno

2.2.1.2 Caudales aforados

Para el cálculo del caudal actual se determinó que se realizaría el aforo de caudales. El lugar de aforo de caudales sería el pozo de revisión en donde se efectuó el muestreo. El medidor de flujo es el instrumento que permitió determinar las velocidades y el calado en el horario de las 8:00 am hasta las 6:00

pm, durante cada hora. Además, con la información proporcionada por las autoridades de la EMAAPAC se obtuvo el diámetro de la tubería que se dirige hacia el sistema de tratamiento. A partir de todos los datos anteriores se calculó el caudal aforado con la fórmula para flujo en una tubería de conducción parcialmente llena.



Figura 3. Medidor de flujo.

$$Q_{real} = v \cdot A$$

Ecuación 2. Ecuación del caudal real. (EMMAP-Q, 2009)

Q real= Caudal real (L/s)

V= velocidad de flujo (m/s)

A= Área

$$\theta = 2 \arccos\left(1 - \frac{2y}{D}\right)$$

Ecuación 3. Ecuación del ángulo interno. (EMMAP-Q, 2009)

θ = Angulo interno (°)

y= calado (m)

D= diámetro de la tubería (m)

$$Am = \frac{R^2}{2} (\theta - \text{sen}\theta)$$

Ecuación 4. Ecuación del área mojada. (EMMAP-Q, 2009)

Am= Área mojada (m^2)

R= Radio de la tubería (m)

θ = Angulo interno ($^\circ$)

2.2.1.3 Caudales futuros

Los caudales futuros se calcularon con una población saturada ya que se pretende diseñar el sistema apropiado de tratamiento de aguas residuales acorde a las futuras concentraciones y caudales que poseerá el sistema de alcantarillado cuando todos los habitantes ocupen las áreas de terrenos que por el momento están deshabitadas. No se utilizaron métodos probabilísticos de población debido a que la zona de estudio es el barrio con límites definidos y que solamente puede crecer hasta una población de saturación.

Para el cálculo de la población saturada se relacionó el número de terrenos vacíos y el posible número de habitantes en ellos. Es importante redimensionar el Tanque Imhoff con estos datos para determinar la viabilidad de la rehabilitación o la construcción del nuevo sistema de tratamiento para mayor eficiencia de remoción de contaminantes.

$$Q_f = \frac{Pob \cdot Dot \cdot Cr}{86400}$$

Ecuación 5. Ecuación del caudal futuro. (EMMAP-Q, 2009).

Q f= Caudal futuro (L/s)

Pob= Población de saturación (habitantes)

Dot= Dotación de agua potable (L/ hab *día)

Cr= Coeficiente de retorno 0.8

$$P_s = P_{ob} + tv * hab_t$$

Ecuación 6. Ecuación del caudal futuro. (EMMAP-Q, 2009)

P_s = Población de saturación (habitantes)

P_{ob} = Población actual (habitantes)

tv = Terrenos vacíos (número de terrenos)

hab_t = Aproximado de habitantes en cada terreno (habitantes)

2.3 CÁLCULO DE DIMENSIONES DEL TANQUE IMHOFF DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO.

En el Tanque Imhoff se utilizaron caudales calculados previamente. Para la cámara de sedimentación el caudal máximo se calculó con el caudal de diseño y el factor de mayoración. Se optó el factor de mayoración de 1,43.

Tabla 5. Coeficientes de mayoración y minoración de caudales (EMAAP-Q, 2006)

COEFICIENTES DE MAYORACIÓN	
1,1 < K1 < 1,4	1,43 < K < 2,66
1,3 < K2 < 1,9	
COEFICIENTES DE MINORACIÓN	
0,6 < β_1 < 0,8	0,30 < β < 0,56
0,5 < β_2 < 0,7	
Nota: Estos coeficientes no incluyen infiltraciones ni aportes de grandes usuarios	

2.3.1 CÁLCULO DE CÁMARA DE SEDIMENTACIÓN

Para el cálculo de la cámara de sedimentación se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$Q_{max} = Q_{diseño} * FM$$

Ecuación 7. Ecuación del caudal máximo

Q máx= Caudal máximo $\left(\frac{m^3}{d}\right)$

Q diseño= Caudal de diseño $\left(\frac{m^3}{d}\right)$

FM= Factor de mayoración

$$As = \frac{Q_{max}}{THS}$$

Ecuación 8. Ecuación del área superficial. (EMMAP-Q, 2009).

As= Área superficial (m^2)

Q máx= Caudal máximo $\left(\frac{m^3}{d}\right)$

THS= Tasa hidráulica superficial $\left(\frac{m^3}{m^2 \cdot d}\right)$

$$B = \sqrt{\frac{As}{2}}$$

Ecuación 9. Ecuación del ancho. (EMMAP-Q, 2009).

B= Ancho (m)

As= Área superficial (m^2)

B= L

$$V = Q_{max} \cdot tr$$

Ecuación 10. Ecuación del volumen del sedimentador. (EMMAP-Q, 2009).

V = volumen del sedimentador (m^3)

Q_{max} = Caudal máximo $\left(\frac{m^3}{d}\right)$

tr = tiempo de retención (h)

2.3.2 CÁMARA DE ALMACENAMIENTO Y CAPTACIÓN DE BIOGÁS

El área del biogás se calculó con el área superficial y el factor 0.2 (Muñoz y Aldaz, 2017, p.91)

$$A_B \geq 0.2 A_S$$

Ecuación 11. Ecuación del área del biogás. (Salud, 2005)

AB=Área del biogás (m^2)

As= Área superficial (m^2)

$$(A_{C/B}) = \frac{A_B}{2}$$

Ecuación 12. Ecuación del área de cada cámara de biogás. (Salud, 2005)

$A_{C/B}$ =Área de cada cámara de biogás (m^2)

A_B : Área del biogás (m^2)

$$b = \frac{A_{C/B}}{L}$$

Ecuación 13. Ecuación del ancho de cada cámara. (Salud, 2005)

b= Ancho de cada cámara (m)

AC/B= Área de cada cámara de biogás (m^2)

L: Largo (m)

$$A_B = 2 * A_{C/B}$$

Ecuación 14. Ecuación del área del biogás. (Salud, 2005)

A_B =Área del biogás (m^2)

$A_{C/B}$ =Área de cada cámara de biogás (m^2)

2.3.3 CÁMARA DE ALMACENAMIENTO Y CAPTACIÓN DE BIOGÁS

Para el cálculo de la cámara almacenamiento y captación de biogás se calcula con las siguientes ecuaciones:

$$V_L = N * TPL * P_A$$

Ecuación 15. Ecuación del volumen de lodos. (Salud, 2005)

V_L = Volumen de lodo (m^3)

N = Número de habitantes (hab)

TPL = Tasa per cápita de lodo (l/hab*d)

PA = Periodo de almacenamiento (d)

$$H_L = \frac{V_L}{(A_S + A_B)}$$

Ecuación 16. Ecuación del área de la profundidad de lodos. (Salud, 2005)

H_L = Profundidad de lodos (m)

V_L = Volumen de lodo (m^3)

As = Área superficial (m^2)

A_B = Área del biogás (m^2)

2.4 MUESTREO Y CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

Se diseñó el plan de muestreo compuesto de antecedentes que se presentaban en el sitio como: Tipo de actividad económica de los pobladores del barrio, existencia de zonas residenciales, descargas ilícitas al sistema de alcantarillado de industrias del sector. Teniendo en cuenta el antecedente anterior se comparará con las tablas de normativa de descarga en sistemas de alcantarillado

público y afluentes naturales (TULSMA) (Ver anexos 6 y 8), también se compara con la tabla de características típicas de aguas doméstica de Romero Rojas (Ver Anexo 7).

2.4.1 MEDICIONES DE PARÁMETROS IN SITU

Los parámetros in situ medidos con el equipo multiparámetro fueron pH y temperatura; mientras que con el medidor de caudal se obtuvo la información de velocidad de flujo y calado.



Figura 4 Equipos utilizados para medición.

Para el muestreo in situ y recolección de muestras se planifico que los parámetros más relevantes de medición serian pH, temperatura, velocidad de flujo, calado.

Tabla 6. Parámetros de medición.

Parámetros	
Temperatura	(° C)
Velocidad de flujo	(ft/s)
Calado	(cm)
Potencial Hidrógeno	(pH)

2.4.2 ANÁLISIS DE PARÁMETROS EN EL LABORATORIO

Los parámetros en el laboratorio con base en el plan de muestro realizado y aprobado anteriormente, indica la realización de los ensayos en dos laboratorios el laboratorio de Ingeniería Civil y Ambiental (LDIA) y el Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM) de la Escuela Politécnica Nacional. El plan indica la recolección de la muestra, su preservación y el transporte (Ver anexos 2,3,4 y 5).

Tabla 7. Parámetros de análisis en laboratorio

Laboratorio	Parámetro
LDIA	Solidos sedimentables
CICAM	Aluminio
LDIA	Nitratos
LDIA	Nitritos
LDIA	Fosfatos
LDIA	Tensoactivos
LDIA	DBO 5
LDIA	DQO
LDIA	Coliformes Fecales
LDIA	Coliformes Totales
LDIA	Análisis de sólidos
CICAM	Aceites y grasas

2.4.3 VOLUMEN DE LA MUESTRA COMPUESTA

En el caso del volumen para la muestra compuesta se consideró que era pertinente utilizar los porcentajes de la curva de consumo de agua potable ya que tendría relación directa con el volumen del caudal generado en toda la jornada desde las 8:00 am hasta las 18:00.

No obstante, el volumen de cada muestra que se obtuvo por hora fue determinado a partir de una curva de consumo del agua y los volúmenes referenciales para cada análisis físico, químico y microbiológico que se encuentran en el plan de muestreo.



Figura 5. Curva de consumo.

2.4.4 PRESERVACIÓN DE LA MUESTRA COMPUESTA

El lugar de muestreo, horarios e insumos necesarios fueron establecidos en el plan de muestreo (ver anexo 2). Debido a la variabilidad del consumo de agua y las descargas de las aguas residuales domésticas en el Barrio se definió tomar muestras compuestas para los fines pertinentes.



Figura 6. Preservación de muestras compuestas.

2.5 MEJORAS DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO

2.5.1 DIMENSIONAMIENTO TRATAMIENTO DEFINITIVO

El tanque Imhoff que se encuentra sin funcionamiento en el barrio Valle hermoso tiene el problema de su tubería de ingreso taponada, lo que produce que las aguas residuales descargan directamente por el by-pass al Río Granobles,

además en las visitas técnicas realizadas en el transcurso de este proyecto coincide con la información proporcionada por la EMAPAAC-EP, determinando que la infraestructura interna como externa se encuentra sin mantenimiento.

Para la evaluación de tanque Imhoff del barrio Vista Hermosa se realizará una comparación con los resultados de los caudales futuros en donde se incluye la población de saturación y se reemplazará en las fórmulas correspondientes al dimensionamiento del tanque Imhoff. Este análisis permitiría definir la necesidad de rehabilitar el tanque Imhoff o construir uno nuevo.

Conforme a la evaluación que se realizara del tanque Imhoff del barrio Vista Hermosa, se planteara la realización de una zanja de infiltración, que optimizara el tratamiento de aguas residuales.

2.5.2 ZANJA DE INFILTRACIÓN

Para la realización de una zanja de infiltración se debe obtener varios aspectos como la demografía, la profundidad de la capa freática, la capacidad de infiltración del terreno y saturación del suelo. Además, se toma en cuenta los siguientes parámetros hidráulicos como el aforo del agua residual, periodo de diseño, estimaciones de población (actual y futura) y caudal de diseño. (S.N.P.Y.D, 2013)

El cantón Cayambe se caracteriza en tener suelos ricos en materia orgánica, predominando el 63% el tipo de suelo *mollisol* con textura del suelo *franco*. Las características de este tipo de suelo es la velocidad de infiltración del agua es media y tiene una buena retención de agua. Según los muestreos de suelo realizado por el proyecto de generación de geo información para la gestión del territorio a nivel nacional la tasa de infiltración del suelo molisol - franco es de 91.56 milímetros por hora como se muestra en el (ver anexo 9). (S.N.P.Y.D, 2013)

La siguiente ecuación corresponden área de infiltración de una zanja de infiltración:

$$A_I = \frac{Q_{med}}{V_p}$$

Ecuación 17. Ecuación del área de infiltración.

A_I : Área de infiltración (m^2)

Q_{med} : Caudal medio (m^3/s)

V_p : Velocidad máxima de aplicación de agua (m/s)

El perímetro efectivo para el diseño de la zanja de infiltración se logra el factor de corrección, que se obtiene con base en la profundidad y ancho de la zanja. Según la Comisión Nacional del Agua (Conagua) la profundidad se establece en 120 centímetros y el ancho en 60 centímetros. Los valores propuestos son para obtener el área grande en las paredes laterales de la base de zanja y es para evitar futuros taponamientos.

La siguiente ecuación corresponden perímetro efectivo de una zanja de infiltración (CONAGUA-MX., 2007):

$$P_e = \frac{0,77 (W + 56 + 2(D))}{W + 116}$$

Ecuación 18. Perímetro efectivo

P_e : Perímetro efectivo (m)

W : Ancho de la zanja (m)

D : Profundidad de la zanja (m)

La siguiente ecuación corresponden perímetro efectivo de una zanja de infiltración:

$$L_I = \frac{A_I}{P_e}$$

Ecuación 19. Longitud de la zanja de infiltración.

L_I : Longitud de la zanja de infiltración (m)

A_I : Área de infiltración (m)

P_e : Perímetro efectivo (m)

De acuerdo a la biografía menciona el diseño de la zanja de infiltración se basa en algunos criterios técnicos. El número mínimo de zanjas será de dos, la longitud máxima de la zanja será de 30 metros y la separación mínima es de (1m) entre zanjas. La pendiente es de 0.01- 0.025 metros por cada 10 metros de las tuberías. Se debe tomar en cuenta que las tuberías deben ser de pulgadas (4 ") de PVC, se perfora con dos hileras laterales de orificios de 12-15 mm de diámetro, a cada 50 centímetros. Además, la excavación no se debe realizar cuando el suelo este húmedo (CONAGUA-MX., 2007).

2.5.3 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL TANQUE IMHOFF

Para correcta operación del tanque Imhoff, los operadores deben poseer los conocimientos técnicos de las características funcionales del sistema de tratamiento de aguas residuales, además de contar con equipo de protección personal. El tiempo de inspección y ventilado permitirá la evacuación de los gases producidos. No obstante, este sistema de tratamiento debido a la producción de lodos requiere su extracción con los implementos necesarios. En el caso del postratamiento al tanque Imhoff, como lo es la zanja de infiltración, la misma deberá recibir mantenimiento debido a la posible acumulación de aguas residuales. En el (Anexo III) se detalla los procedimientos de operación y mantenimiento del tanque Imhoff.

3 RESULTADOS

3.1 RESULTADOS DEL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

3.1.1 RESULTADOS DE INFORMACIÓN BASE

En la ciudad de Cayambe se ubica el barrio Valle hermoso, designado como sector 0.3-2 por la EMAAPAC, el mismo que cuenta con una población estimada de 1766 habitantes y genera el caudal sanitario de 3.27 L/s. El Tanque Imhoff se encuentra fuera de servicio por falta de mantenimiento ya que la maleza cubría gran parte del tanque y al abrir la tapa de revisión se constató la gran cantidad de lodos acumulados y tuberías de evacuación colapsadas.



Figura 7. Tanque Imhoff y delimitación del Barrio Valle Hermoso.

Delimitación del barrio Vista Hermosa que se encuentra en la parroquia Cayambe y ubicación del tanque Imhoff en el barrio Valle Hermoso.



Figura 8. Ubicación del tanque Imhoff del barrio Valle Hermoso.

En las características de los pozos de alcantarillado del barrio Vista Hermosa existen el total de pozos de 120 los cuales están detallados en la siguiente tabla:

Tabla 8. Características de pozos de alcantarillado

POZOS	TOTAL	ALTRA DE POZO (m)		
		0.0-1.2	1.2-2.5	2.51-3.50
P1-1	36	0	29	7
P1-2	51	45	5	1
P1-3	28	16	5	7
P1-4	5	5	0	0
TOTAL	120	66	39	15

El sistema de alcantarillado tiene una longitud de tubería PVC total de 5 407.85 metros, en el colector de descarga la longitud es de 1 111.89 metros; así mismo la totalidad de pozos del sistema es de 120 y los mismos varían en alturas hasta los 3.5 metros.

Tabla 9. Características de tuberías de alcantarillado

RUBRO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
LONGITUD DE TUBERÍA PVC	m	TUBERÍA PVC DN 280 mm	2.591,83
	m	TUBERÍA PVC DN 335 mm	305,23
	m	TUBERÍA PVC DN 400 mm	343,28
	m	TUBERÍA PVC DN 440 mm	476,36
	m	TUBERÍA PVC DN 540 mm	821,58
	m	TUBERÍA PVC DN 650 mm	484,82
	m	TUBERÍA PVC DN 760 mm	104,12
	m	TUBERÍA PVC DN 975 mm	120,54
	m	TUBERÍA PVC DN 1035 mm	121,38
	m	TUBERÍA PVC DN 1150 mm	38,70
TOTAL:			5.407,85

La pendiente media del colector de llegada al tanque Imhoff es de 4.14%. Por otra parte, el diámetro de la tubería de entrada al Tanque Imhoff es de 250 mm; sin embargo, se encuentra desviada directamente hacia el cauce natural de descarga ya que el sistema de tratamiento no se encuentra en operación.

Tabla 10. Características de tuberías del colector de alcantarillado

RUBRO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
LONGITUD DE TUBERÍA PVC	m	TUBERÍA PVC DN 280 mm	296,80
	m	TUBERÍA PVC DN 1150 mm	163,38
	m	TUBERÍA PVC DN 1245 mm	149,84
	m	TUBERÍA PVC DN 1345 mm	501,87
TOTAL:			1.111,89

En el barrio Vista Hermosa existe el tanque Imhoff como sistema de tratamiento de aguas residuales, está construido de hormigón armado con una forma cuadrangular de 8.5 m de largo, 8.5 m de ancho y su altura de 1.2 m, además cuenta con cuatro tuberías dos para la disipación del biogás y dos para la extracción de lodos. El tanque Imhoff está a 2863 m sobre el nivel mar.

Tabla 11. Características generales del sistema de alcantarillado del Barrio Valle hermoso

BARRIO VALLE HERMOSO (SECTOR 03-2)		
Parámetro	VALOR	UNIDAD
Número de habitantes	1766	hab
Caudal sanitario	3.27	L/s
Diámetro tubería de entrada	250	mm
Pendiente	4.14	%
Longitud de tubería de llegada	1276	m
Cota tubería de llegada del Tanque Imhoff	2748.1	m
Cota tubería de salida del Tanque Imhoff	2746.13	m
Zona	Este (m)	Norte (m)
17N	815072.23	4513.362

3.1.2. RESULTADOS EVALUACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

En el sistema de alcantarillado del barrio Vista Hermosa opera con las tuberías en nivel medio, obteniendo como resultado del caudal teórico de 3.27 L/s producto de su dotación, población actual y coeficiente de retorno.

Tabla 12. Resultados Caudal teórico

Parámetro	Caudal (L/s)	Datos para el cálculo
Caudal teórico	3.27	Nº de habitantes = 1766 hab Dotación de agua = 200 L/s Coeficiente de retorno = 0.8

De acuerdo con las diferentes mediciones realizadas durante cada hora con el equipo medidor de caudal, se consiguieron velocidades y calados que se relacionaron con la tubería parcialmente llena para así calcular el caudal promedio de 3.70 L/s.

Tabla 13. Resultados Caudal de aforo

Caudal de aforo				
No. Medición	Horario de medición	Velocidad(ft/s)	Calado m	Q de aforo (L/s)
1	7:00 a.m.	0,2	0,15	1,8
2	8:00 a.m.	0,5	0,25	7,5
3	9:00 a.m.	0,4	0,13	3,0
4	10:00 a.m.	0,3	0,13	2,4
5	11:00 a.m.	0,2	0,11	1,3
6	12:00 p.m.	0,6	0,15	5,6
7	13:00 p.m.	0,7	0,23	10,1
8	14:00 p.m.	0,5	0,10	2,9
9	15:00 p.m.	0,2	0,10	1,2
10	16:00 p.m.	0,3	0,10	1,6
11	17:00 p.m.	0,4	0,102	2,3
12	18:00 p.m.	0,6	0,132	4,8
			PROMEDIO=	3,70



Figura 9. Aforo de caudales

La población de saturación corresponde a 3033 habitantes, la misma se utilizó para el cálculo del caudal futuro de 5.62 L/s con el que el sistema de tratamiento de aguas residuales deberá operar sin incluir el crecimiento en la extensión superficial del barrio Vista Hermosa.

De los caudales obtenidos, el caudal teórico (3,27 L/s) es muy similar al caudal de aforo o real que es (3,70 L/s). Por otro lado, el caudal futuro (5,62 L/s).

Tabla 14. Resultados Caudal futuro

Parámetro	Caudal (L/s)	Datos para el cálculo
Caudal futuro	5,62	N° de habitantes de saturación = 3033 Dotación de agua = 200 L/s Cr = 0.8

3.1.3 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DIMENSIONES DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO (TANQUE IMHOFF)

Las dimensiones de la cámara de sedimentación establecen el largo de 4,75 metros y el ancho de 4,75 metros. El tiempo de retención de lodos es de 1.5 horas y el volumen de 88.3 metros cúbicos. Se consideró el caudal teórico (3,27 L/s) y una población de 1766 ciudadanos.

Tabla 15. Dimensiones de tanque Imhoff para caudal teórico.

DIMENSIONES DE TANQUE IMHOFF PARA CAUDAL TEÓRICO		
Parámetro	Resultados	Dimensiones
Número de habitantes (N)	1766	hab
Coefficiente de retorno (c)	0.85	-
Caudal máximo	565,06	m ³ /día
CAMARA DE SEDIMENTACION		
Área superficial	22,60	m ²
Base	4,75	m
Largo	4,75	m
Área del sedimentador	22,60	m ²
Volumen del sedimentador	35,32	m ³
Profundidad del sedimentador	1,56	m
Área del biogás	6,78	m ²
AREA DE CADA CAMARA DE BIOGAS		
Área de cada cámara de biogás a (c/b)	3,39	m ²
Ancho de cada cámara (b)	0,71	m
Ancho de cada cámara adoptando (b)	0,60	m
Área de cada cámara de biogás adoptada	2,85	m ²
Área de biogás	5,71	m ²
CAMARA DE ALMACENAMIENTO Y DIGESTION DE LODOS		
Volumen de lodos	88,3	m ³
Altura de lodos	1,9	m

Las dimensiones de la cámara de sedimentación establecen el largo de 5,06 metros y el ancho de 5,06 metros. El tiempo de retención de lodos es de 1.5 horas y el volumen de 88.3 metros cúbicos. Se consideró el caudal de aforo de (3,7 L/s) y una población de 1766 ciudadanos.

Tabla 16. Dimensiones de tanque Imhoff para caudal de aforo.

DIMENSIONES DE TANQUE IMHOFF PARA CAUDAL DE AFORO		
Parámetro	Resultados	Dimensiones
Número de habitantes (N)	1766	hab
Coefficiente de retorno (c)	0.85	-
Caudal máximo	639,36	m ³ /día
CAMARA DE SEDIMENTACION		
Área superficial	25,57	m ²
Base	5,06	m
Largo	5,06	m
Área del sedimentador	25,57	m ²
Volumen del sedimentador	39,96	m ³
Profundidad del sedimentador	1,56	m
Área del biogás	7,67	m ²
AREA DE CADA CAMARA DE BIOGAS		
Área de cada cámara de biogás a (c/b)	3,84	m ²
Ancho de cada cámara (b)	0,76	m
Ancho de cada cámara adoptando (b)	0,60	m
Área de cada cámara de biogás adoptada	3,03	m ²
Área de biogás	6,07	m ²
CAMARA DE ALMACENAMIENTO Y DIGESTION DE LODOS		
Volumen de lodos	88,3	m ³
Altura de lodos	1,9	m

Las dimensiones de la cámara de sedimentación establecen el largo de 6,23 metros y el ancho de 6.23 metros. El tiempo de retención de lodos es de 1.5 horas y el volumen de 151,65 metros cúbicos. Se consideró el caudal futuro de (5,62 L/s) y una población de 3033 ciudadanos. Las dimensiones en el caudal teórico resultan en el sistema cuadrado de 4,75 metros por lado, las dimensiones en el caudal de aforo resultan en el sistema cuadrado de 5,06 metros por lado, y

las dimensiones del caudal futuro resultan en el sistema cuadrado de 6,23 metros por lado. El Tanque Imhoff que se está construido en el barrio Valle Hermoso es el sistema cuadrado de 8,5 metros por lado en la cámara de sedimentación. De acuerdo con los resultados del dimensionamiento con los diferentes caudales, cualquiera de ellos se adaptaría al sistema ya vigente en cuanto al volumen de flujo que ingresaría para su adecuado tratamiento.

Tabla 17. Dimensiones de tanque Imhoff para caudal futuro.

DIMENSIONES DE TANQUE IMHOFF PARA CAUDAL FUTURO		
Parámetro	Resultados	Dimensiones
Número de habitantes (N)	3033	hab
Coeficiente de retorno (c)	0.85	
Caudal máximo	971,14	m ³ /día
CAMARA DE SEDIMENTACION		
Área superficial	38,85	m ²
Base	6,23	m
Largo	6,23	m
Área del sedimentador	38,85	m ²
Volumen del sedimentador	60,70	m ³
Profundidad del sedimentador	1,56	m
Área del biogás	11,65	m ²
AREA DE CADA CAMARA DE BIOGAS		
Área de cada cámara de biogás a (c/b)	5,83	m ²
Ancho de cada cámara (b)	0,93	m
Ancho de cada cámara adoptando (b)	0,60	
Área de cada cámara de biogás adoptada	3,74	m ²
Área de biogás	7,48	m ²
CAMARA DE ALMACENAMIENTO Y DIGESTION DE LODOS		
Volumen de lodos	151,65	m ³
Altura de lodos	3,3	m

3.2 RESULTADOS DE CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

En el transcurso de la visita técnica se realizó el muestreo compuesto en intervalos de una hora, siendo representativa la muestra en relación a las concentraciones de los contaminantes, además se localizó el pozo séptico entre las calles Miraflores y Magnolias como se muestra en la Figura 9.

A partir del muestreo compuesto realizado en el sitio, se obtuvieron los valores por hora de pH, temperatura, velocidad del flujo y calado, obteniéndose así el pH neutro de 6.84 y una temperatura media de 17,26 grados centígrados y además se muestran los datos de velocidad de flujo y calado.

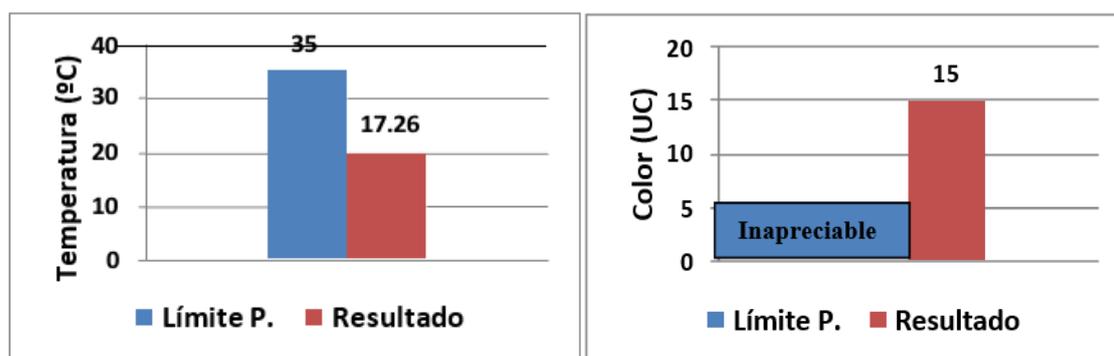


Figura 10. Temperatura y color de agua residual

Tabla 18. Resultados de caracterización in situ.

No. Medición	Velocidad de flujo (ft/s)	Calado (m)	pH	Temperatura
1	0,2	0,15	6,69	16,04
2	0,5	0,25	6,39	17,10
3	0,4	0,13	6,97	17,10
4	0,3	0,13	7,01	18,91
5	0,2	0,11	6,61	18,37
6	0,6	0,15	6,87	18,36
7	0,7	0,23	7,13	18,34
8	0,5	0,10	6,32	17,60
9	0,2	0,10	7,04	16,85
10	0,3	0,10	6,88	16,34
11	0,4	0,102	7,09	16,31
12	0,6	0,132	7,18	15,87

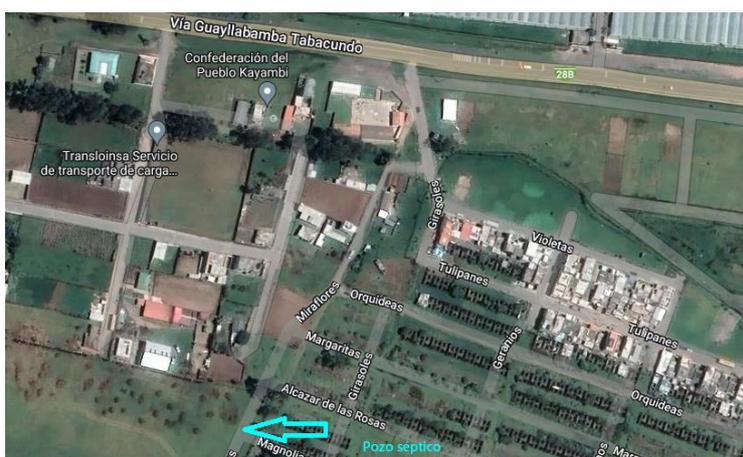


Figura 11 Localización del pozo séptico que se realizó el muestreo.



Figura 12. Medición in situ con multiparámetro.

En la tabla 19 se muestra todos los parámetros analizados en el laboratorio, con sus unidades y resultados, además se utiliza dos bibliografías de comparación de límite máximo permisible para verificar el cumplimiento de descargas de cuerpos de agua dulce en afluentes aledaños a la ubicación de muestreo. Estableciendo como resultado que la demanda bioquímica de oxígeno en cinco días, la demanda química de oxígeno, los sólidos de suspensión, los nitritos, los nitratos, los coliformes totales y los coliformes fecales no cumplen con la norma. En cuanto a la demanda química de oxígeno se evidencio el elevado resultado sobrepasando el límite permitido.

Tabla 19. Resultados de caracterización en laboratorio.

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite máximo permisible (Tulsma 2015)		Límite máximo permisible (Romero Rojas, 2010)	Cumplimiento
			Cuerpos de agua dulce	Sistema de alcantarillado público		
Sólidos totales	mg/L	568	1600	1600	720	Cumple
Sólidos suspendidos	mg/L	360	80	220	220	No Cumple
Sólidos disueltos	mg/L	380	-	-	500	Cumple
Sólidos sedimentables	mg/L	0.5	-	-	1	Cumple
DBO5	mg/L	655	50	250	220	No Cumple
DQO	mg/L	1478	100	500	500	No Cumple
Nitratos (dilución)	mg/L	3,2	-	-	0	No Cumple
Nitritos (dilución)	mg/L	0,095	-	-	0	No Cumple
Fosfatos	mg/L	6,32	-	-	8	Cumple
Aceites y grasas	mg/L	50	30	70	100	Cumple
Aluminio	mg/L	Menos de 0,05	5	5	--	Cumple
Tensoactivos	mg/L	1,128	0,5	2	-	Cumple
Coliformes totales	NMP/100 ml	$4,6 * 10^{10}$	-	-	-	No Cumple
Coliformes fecales	NMP/100 ml	$2,1 * 10^8$	-	2000	-	No Cumple

Los parámetros como los sólidos totales (568 mg/L), sólido sedimentables (0,5 mL/hora) cumplen con los valores máximos permisibles ya que fueron comparados con los valores de la norma de TULSMA y con la Tabla de composición típica de aguas residuales domésticas (Romero Rojas, 2010), por lo cual se debe priorizar el tratamiento de las demás concentraciones de los parámetros que se encuentran por encima de los rangos establecidos.

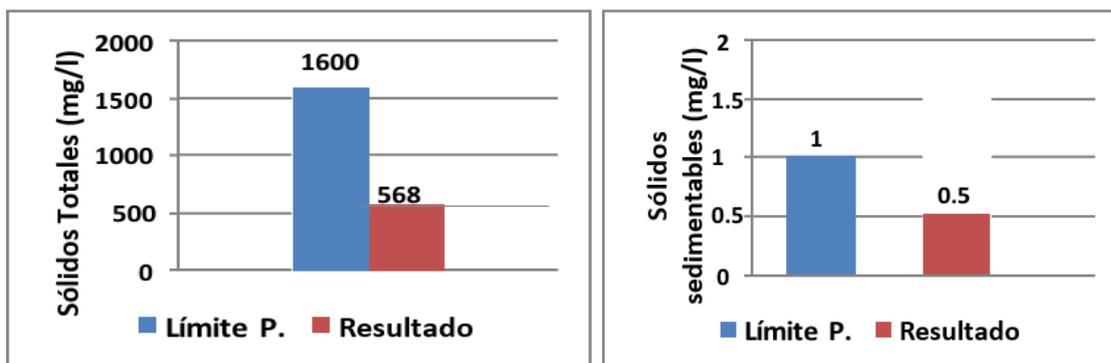


Figura 13. Sólidos totales y sólidos sedimentables

Los sólidos suspendidos (360 mg/L) sobrepasan los límites máximos permisibles, ya que pueden generar turbidez en el agua residual y promueve el proceso de descomposición en caso de que sea de tipo orgánica. En referencia a los sólidos disueltos tienen el rango de (380 mg/L) que está dentro de los límites permisibles de la norma TULSMA y con la Tabla de composición típica de aguas residuales domésticas (Romero Rojas, 2010).

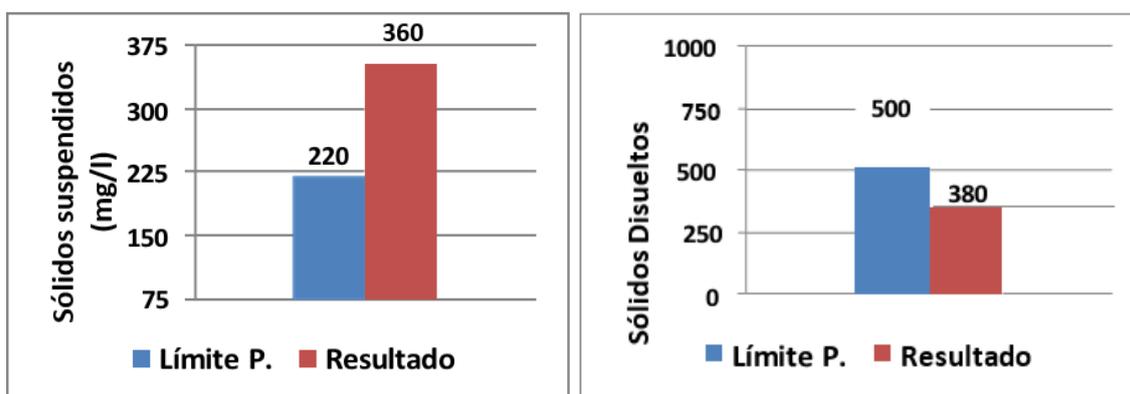


Figura 14. Sólidos suspendidos y sólidos disueltos

Los tensoactivos (1,128 mg/L) no cumplen únicamente con los límites de descarga hacia cuerpos receptores de agua dulce según la norma del TULSMA ya que afectan la tensión interfacial del cuerpo hídrico con procesos avanzados de oxidación. En referencia a los fosfatos tienen el valor de (6.32 mg/L) que es el límite permisible en comparación a la norma TULSMA y con la Tabla de composición típica de aguas residuales domésticas (Romero Rojas, 2010).

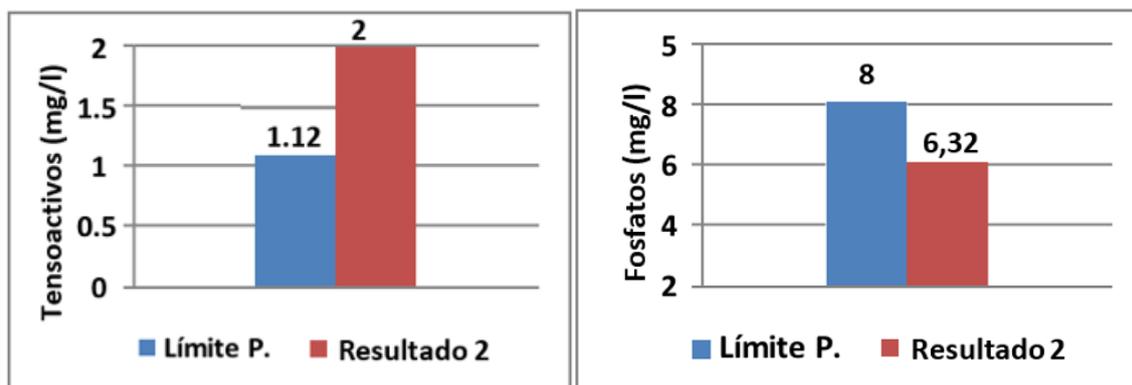


Figura 15. Tensoactivos y fosfatos

Los nitratos (3,2 mg/L) también poseen valores no establecidos en la norma o la composición típica de este tipo de agua residual, ya que los nitratos producen el crecimiento explosivo de las algas. Los nitritos (0.095 mg/L) es el valor que no se encuentra dentro del rango establecido; sin embargo, solo si se encuentra en mayores concentraciones se puede considerar toxico y perjudicial para la salud.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno permite evaluar la calidad del agua residual y considera el suministro de oxígeno en la oxidación de la materia orgánica de forma aerobia. También conocida como (DBO5), su valor para las aguas residuales provenientes de la zona de estudio es de (250 mg/L), el misma que sobrepasa los límites máximos permisibles según Metcalf & Eddy (1996) que es de (655 mg/L) y la normativa del TULSMA (2015) que recomienda el valor de 50mg/L para descargas a Cuerpos de agua dulce y 250mg/L para descargas al sistema de alcantarillado público.

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) en aguas residuales permite conocer su concentración orgánica. La DQO para la zona de estudio es de (1478 mg/L), la misma que sobrepasa los límites máximos permisibles según Metcalf & Eddy (1996) que es de 500 mg/L y la normativa del TULSMA (2015) que recomienda el valor de 100 mg/L para descargas a Cuerpos de agua dulce y 500 mg/L para descargas al sistema de alcantarillado público.

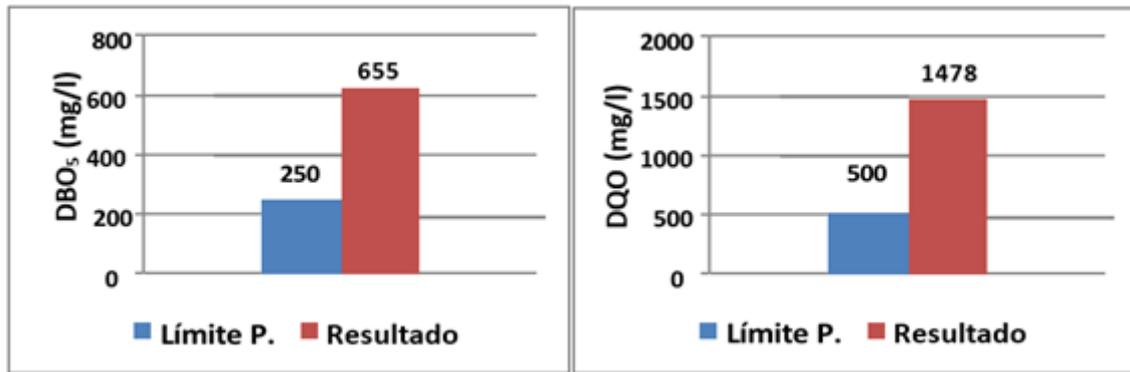


Figura 16. Demanda bioquímica de oxígeno y demanda química de oxígeno

Los resultados de los parámetros de Aceites y grasas (50 mg/L) y Aluminio (menor a 0,05 mg/L) cumplen con los parámetros del TULSMA y las composiciones típicas de las aguas residuales según (Rojas, 2010). El informe de los resultados fue emitido por el laboratorio CICAM (Ver Anexo IV).

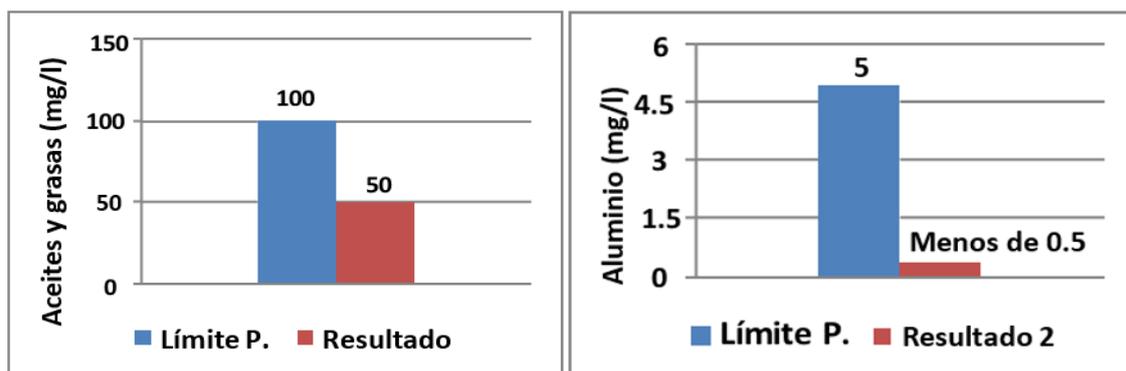


Figura 17. Aceites, grasas y aluminio

Por su parte los coliformes se encuentran en altas concentraciones característico del agua residual doméstica. Es importante realizar el tratamiento a dicho parámetro debido a la posible propagación de patógenos. Los análisis realizados en laboratorio se efectuaron en el laboratorio de Ingeniería civil y Ambiental.

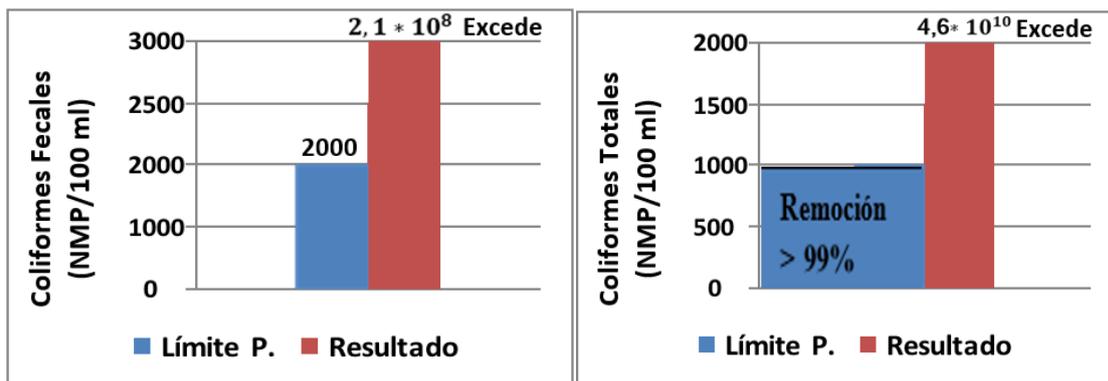


Figura 18. Coliformes fecales y coliformes totales



Figura 19. Análisis de coliformes totales.

3.3 RESULTADOS DE MEJORAS DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO

En suma, el dimensionamiento del sistema de tratamiento con todos los caudales se adapta al Tanque Imhoff que ya se encuentra vigente en el barrio Valle Hermoso. En cuanto a los parámetros existentes en el Tanque Imhoff los sólidos suspendidos son removidos 70% y resultarían luego del tratamiento en (48mg/L) que cumpliría con el parámetro de descarga, la DBO5 es removida del 50% y resultaría luego del tratamiento en (327,5 mg/L) que no cumpliría con el parámetro de descarga, finalmente los coliformes fecales son removidos en 60% y pasarían a una concentración de $0,84 \times 10^8$ número más probable por cada cien mililitros.

Únicamente los sólidos suspendidos cumplen con los niveles máximos permisibles para su descarga, mientras que la DBO5 y los coliformes fecales

deberían tener otro tipo de tratamiento. De acuerdo con los parámetros analizados se opta por agregar el sistema de tratamiento adicional como es la zanja de infiltración con el fin de eliminar la concentración de patógenos que aún se encuentra presente en el agua residual después del tratamiento con el Tanque Imhoff.

Tabla 20. Dimensionamiento de la zanja de infiltración.

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	MEDIDA
Ancho de la zanja	m	0,6
Profundidad de la zanja	m	1.2
Longitud total de la zanja	m	580
Número de zanjas	U	20
Longitud de cada zanja	m	30
Separación entre zanjas	m	1

En el siguiente diseño representa es la vista de planta de la zanja de infiltración que es propuesta del ancho (0.6 m) y largo de (30 m), además posee de una tubería de PVC de (100 mm) (Mariñelarena, 2006).

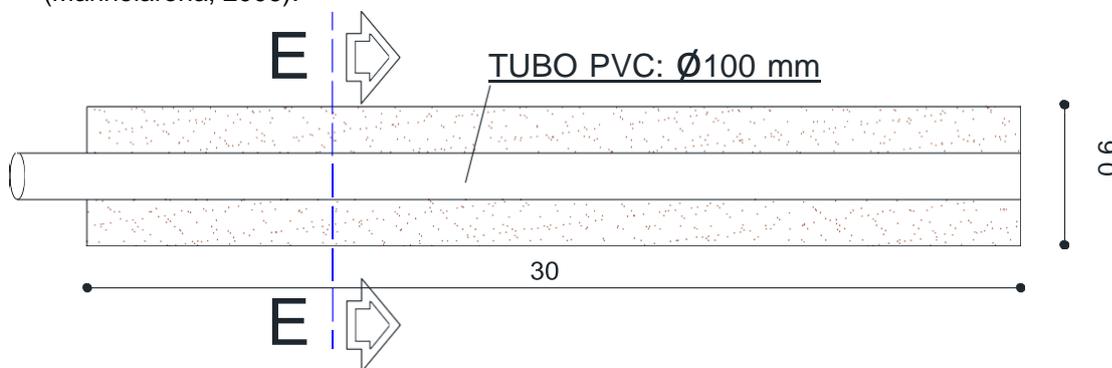


Figura 20. Zanja de infiltración. Vista en planta ESCALA 1:100

Según la bibliografía estudiada, menciona que se puede construir máximo (30 m) de largo de zanja y cuando referente al espaciado entre zanja debe ser de (1m). Además, sugiere el tipo y la cantidad de compactación, geomembrana, malla plástica, grava, arena fina y la tierra (Mariñelarena, 2006).

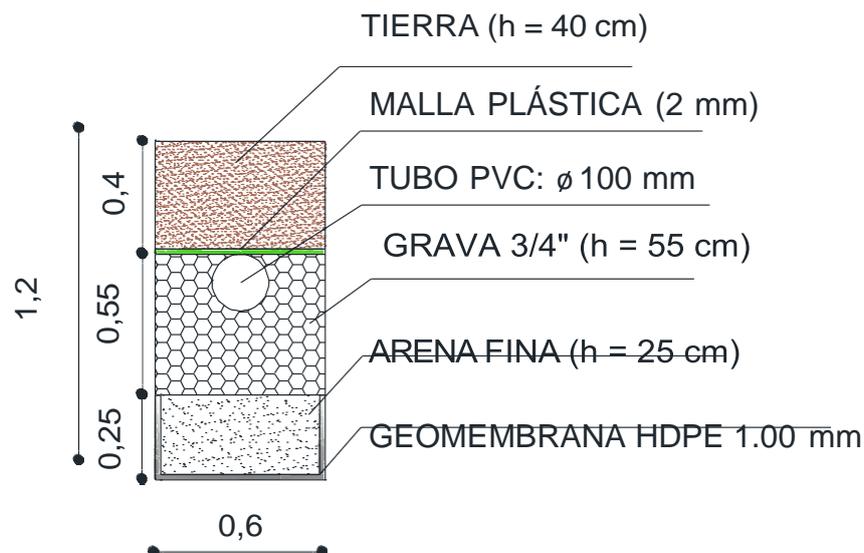


Figura 21. Zanja de infiltración. Corte transversal. Escala 1:100

4 CONCLUSIONES

Después de la evaluación de los caudales de aforo y futuro se determinó que no existen inconsistencias en los mismos que son descargados directamente al sistema de alcantarillado, por lo cual se recomienda poner en funcionamiento el sistema de tratamiento actual que corresponde al Tanque Imhoff ubicado en barrio Valle Hermoso.

De forma teórica se obtuvo el caudal de 3,27 L/s, el caudal de aforo indica que se opera a partir del flujo que no se encuentra completamente lleno en la tubería de alcantarillado, debido a los resultados de los calados; mientras que el caudal futuro corresponde a 5,62 L/s.

En conclusión, el sistema de tratamiento de aguas residuales presenta las características adecuadas en cualquiera de sus caudales para operar normalmente debido a que para el caudal futuro utilizando el número de habitantes de saturación, el sistema de tratamiento corresponde al tanque de 6,23 metros de largo por ancho, mientras que el ya existente posee dimensiones de 8,5 metros de largo por ancho.

Se determino a partir del muestreo y el análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que corresponden, según (Rojas, 2010) a la estructura típica del afluente residual doméstica, que los principales contaminantes que no cumplen los rangos establecidos de concentraciones son DBO5, DQO, solidos suspendidos, nitritos, nitratos, coliformes totales y fecales. Con base en dichos contaminantes se concluyó que el Tanque Imhoff como operación de tratamiento no posee la suficiente eficiencia de remoción, por lo cual se establece la construcción del sistema de tratamiento adicional que es la zanja de infiltración para remover cualquier contaminante excedente no removido en el tratamiento anterior.

En el caso de la rehabilitación del Tanque Imhoff se debe considerar que en la zona de estudio existe la presencia de aguas subterráneas que han sido utilizadas en los últimos años por industrias cercanas para sus actividades productivas, por lo cual varias construcciones han palpado afectaciones a corto y largo como fraccionamientos y hundimientos debido a la presencia de los mantos acuíferos. Se debe realizar estudios de factibilidad de construcción y evitar el bombeo de las aguas subterráneas a partir del riguroso control por parte de las autoridades en el uso de estas aguas subterráneas por parte de las industrias.

5 RECOMENDACIONES

Considerar la rehabilitación del Tanque Imhoff en el barrio Valle hermoso y desarrollar el análisis físico químico y microbiológico permanente para evaluar el grado de contaminación del agua residual que será tratada tanto en el afluente antes del ingreso al Tanque Imhoff y la zanja de infiltración como en el efluente luego del proceso de tratamiento, con el fin de evitar procesos de eutrofización, propagación de patógenos, entre otros.

Efectuar campañas de educación ambiental a la población e industrias para la concientización de la importancia y el cuidado el sistema de alcantarillado,

tratamientos del agua residual con el objetivo de mantener en equilibrio el ecosistema y la salud humana.

Se recomienda que el personal capacitado mantenga el protocolo en la operación y mantenimiento del tanque Imhoff a partir del manual elaborado en el presente documento para resguardar su eficiencia operacional.

Se recomienda conservar los cuerpos hídricos e implementar el plan de gestión de riesgos y monitoreo por inundaciones debido a los niveles freáticos de las aguas subterráneas ya que permiten que Ríos y lagos se mantengan en los niveles superficiales adecuados.

Se recomienda realizar inspecciones estructurales a las casas y construcciones cercanas a los mantos de acuíferos para identificar posibles daños que atenten con la vida y seguridad de los ciudadanos del Barrio Valle Hermoso.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Aldás, J. (23 de Mayo de 2011). *Diseño de alcantarillado sanitario y pluvial y tratamiento de aguas servidas de 4 localizaciones*. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/2650/T-PUCE-3204.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calderón, A. (2016). *Anexo técnico catastro de redes y e la infraestructura afecta a la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado*. Obtenido de <https://docplayer.es/18034746-Anexo-tecnico-catastro-de-redes-y-de-la-infraestructura-afecta-a->
- Carvajal, L. (2006). *Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado* (28 ed.). Santiago de Cali: U.S.C.
- CONAGUA. (2009). *Manual de agua potable, alcantaillado y saneamiento*. Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAP DS- 29.pd>
- CONAGUA-MX. (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros /05DatosBasicos.pdf>
- CRITES, R. &. (2001). *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*. En McGraw-Hill. Bogotá -Colombia.
- Ecuador, M. d. (2015). *Texto unificado de legislación secundaria del medio ambiente*. En M. d. Ecuador, *Norma de calidad de ambiental y descarga de efluentes*. (págs. págs. 286-338). Quito.
- EMMAP-Q. (2009). *Normas de diseño de sistemas de alcantarillado*. . Obtenido de http://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf
- INEC. (2016). *Indicadores ODS, de agua potable y saneamiento*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/Diagnostico_ASH_pobreza_INEC_BM.pdf
- Libre, U. (2015). *Diseño de alcantarillado*. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10933/CAPITULO%204%20f.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Mariñelarena, A. (2006). *Manual de construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales*. Buenos Aire: FREPLATA.

- Méndez, S. (Enero de 2011). *Diseño del alcantarillado sanitario y pluvial y tratamiento de aguas servidas de la urbanización*. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/608/5/98100.pdf>
- Rodriguez, E. (1999). *Evaluación tecnológica de un tanque Imhoff localizado en Aquiles Serdán*. Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/RODR%C3%8DGUIZ%20y%20SANTIAGO%201999.%20Evaluaci%C3%B3n%20tecnol%C3
- S.N.P.Y.D. (Septiembre de 2013). *Memoria Técnica*. Obtenido de Geopedología: https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA2/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/PICHINCHA/CAYAMBE/IEE/MEMORIA_TECNICA/mt_cayambe_geopedologia.pdf
- Salas, J. (2018). *Introducción a los Humedales artificiales como tratamiento de las aguas residuales*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas/introduccion-humedales-artificiales-como-tratamiento-aguas-residuales>
- Salud, O. P. (2005). Guía para el diseño de tanques sépticos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización.

7 ANEXOS

ANEXO I: PORCENTAJE DE PLAGIO

TIC_3			
ORIGINALITY REPORT			
11 %	11 %	2 %	2 %
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS
PRIMARY SOURCES			
1	bibdigital.epn.edu.ec Internet Source		1 %
2	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Student Paper		1 %
3	www.dspace.uce.edu.ec Internet Source		1 %
4	dspace.esPOCH.edu.ec Internet Source		1 %
5	hdl.handle.net Internet Source		1 %
6	repositorio.unesum.edu.ec Internet Source		<1 %
7	doku.pub Internet Source		<1 %
8	repositorio.uta.edu.ec Internet Source		<1 %
9	repositorio.ug.edu.ec Internet Source		<1 %

ANEXO II: PLAN DE MUESTREO

PLAN DE MUESTREO

DETERMINACIÓN DEL SISTEMA DE CALIDAD DE AGUA RESIDUAL EN EL BARRIO VALLE HERMOSO

A. DOCUMENTACIÓN BASE

El presente Plan de Muestro se realizó teniendo en consideración la siguiente documentación:

- **TULSMA (2015):** Tabla 8. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público y Tabla 9. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.
- **NTE INEN 2169 (2013):** Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y Conservación de muestras.

B. PARÁMETROS POR ANALIZAR

Tabla 1: Parámetros **in situ** del efluente de aguas residuales del sistema de alcantarillado combinado de Cayambe.

Parámetro	Unidad
Potencial Hidrógeno	pH
Temperatura	°C

Nota. Los parámetros serán medidos con el multiparámetro y la Termocupla en el sitio de muestreo.

Tabla 2: Parámetros de análisis en laboratorio del efluente de aguas residuales del sistema de alcantarillado combinado de Cayambe.

N.	Parámetro	Unidad	Lab. De análisis
1	Aceites y grasas	mg/l	CICAM
2	Tensoactivos	mg/l	LDIA
3	DBO 5	mg/l	LDIA
4	DQO	mg/l	LDIA
5	Coliformes Fecales	NMP/100 mL	LDIA
6	Coliformes Totales	NMP/100 mL	LDIA
7	Análisis de sólidos (ST, SDT, SST)	mg/l	LDIA
8	Sólidos sedimentables	mg/l	LDIA
9	Aluminio	mg/l	CICAM
10	Nitratos	mg/l	LDIA
11	Nitritos	mg/l	LDIA
12	Fosfatos	mg/l	LDIA

C. TIPO DE MUESTRA

Muestra compuesta: Formada por la mezcla de alícuotas de muestras individuales, tomadas a intervalos y durante un periodo de tiempo determinado. (TULSMA reforma 2015, p.5).

D. PUNTOS DE MUESTREO

De acuerdo con la visita técnica realizada, se determinó que la muestra puntual será tomada del efluente del Río Granobles adyacente al Barrio Valle Hermoso, donde el paso del agua residual es continuo y existe una profundidad que disminuye la posibilidad de que las partículas se remuevan del fondo, No obstante, el lugar de muestreo es accesible, sin presentar riesgo alguno para la toma de la muestra y de fácil referenciación para el muestreador.

E. GEORREFERENCIACIÓN DE PUNTOS

El punto de muestreo del efluente de aguas residuales del alcantarillado combinado de Cayambe es:

- Pozo de revisión antes de la descarga al Río Granobles

F. METODOLOGÍA DEL MUESTREO

De acuerdo a la norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 5667-1 refiriéndose al muestreo específico de aguas residuales: "El muestreo de esta agua plantea problemas particulares debido a su naturaleza intermitente y que la calidad puede cambiar marcadamente a lo largo de todo el periodo de vertido." (p.15)

Durante la toma de la muestra se debe realizar una técnica de homogenización o curado con el fin de obtener una muestra representativa; no obstante, los frascos en donde se depositen las muestras deben enjuagarse 3 veces y llenarlos finalmente de la muestra.

- De acuerdo a la tabla 1, el volumen total requerido de muestra para realizar los diferentes análisis fisicoquímicos es de 5650 mL por lo cual se distribuirá en 3 botellas de 1L de vidrio y adicional 2 botella de vidrio ámbar de 1 L para el análisis de DBO, DQO
- En un par de frascos estériles de se tomarán las muestras de igual forma para la realización de parámetros microbiológicos, asegurando que exista una cantidad considerable de oxígeno, es decir, que la muestra no debe estar totalmente llena

DOCUMENTOS REFERENCIADOS

DE-486 NTE INEN 2169-2013 AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS

TULSMA reforma 2015

ANEXO III: MÉTODOS DE ANÁLISIS FÍSICOS DE PARÁMETROS EN LABORATORIO

SÓLIDOS SEDIMENTABLES

Materiales

- Soporte de madera
- Cono Imhoff

Procedimiento:

1. Ambientar y homogenizar la muestra
2. Medir 1000 ml de muestra en una probeta y trasvasar en un cono Imhoff
3. Esperar el tiempo de sedimentación durante una hora aproximadamente
4. Registrar la cantidad de sólidos sedimentables en el fondo del cono Imhoff

SÓLIDOS TOTALES

Equipos

- Balanza analítica
- Estufa
- Desecador

Materiales

- Crisol de porcelana
- Balón de aforo
- Pinzas
- Piseta
- Pipeta de 25 mL

Reactivos

- Agua destilada

Procedimiento:

1. Tarar los crisoles (durante 24 horas se dejan en la estufa a 105°C y otra hora se coloca en el desecador para eliminar rastros de humedad)
2. Pesarse los crisoles vacíos en una balanza analítica y registrar los valores.
3. Con una pipeta tomar 50 ml de muestra y colocarlos directamente al crisol
4. Colocar el crisol en la estufa por 24 horas a 105°C y luego pasarlo a un desecador por 2 horas
5. Pesarse nuevamente el crisol y registrar el valor.

Para el cálculo de los sólidos totales se utilizó la ecuación 3.15.

$$[ST]mg/L = \frac{(W_2 - W_1)}{V} * 1000$$

Ecuación 3.15. Determinación de sólidos totales

En donde:

[ST]= concentración de sólidos totales (mg/L)

W_2 = peso final del crisol con muestra (g)

W_1 = peso inicial del crisol vacío (g)

V = volumen de la muestra de agua residual (L)

SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES Y SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES

Equipos

- Balanza analítica
- Bomba de vacío

Materiales

- 1 Filtro de poro de 45 µm
- Balón de aforo 50ml
- Pinzas
- Pipeta de 25 mL
- 1 Crisol de porcelana
- 1 Porta filtro

Procedimiento:

1. Pesarse el crisol y filtro vacíos respectivamente en una balanza analítica y registrar los valores.
2. Preparar el equipo de filtración y colocar un filtro
3. Con una pipeta tomar 50 ml de muestra
4. Filtrar la cantidad de muestra 50ml
5. Retirar el filtro con una pinza y colocarlo en un porta filtros para llevarlo a la estufa a 105°C durante 24 horas.
6. Tomar 25 ml del volumen de la muestra filtrada y colocarla en el crisol
7. Llevar el crisol con la muestra a la estufa durante 24 horas a 180°C
8. Registrar los pesos finales con ayuda de la balanza analítica

Para el cálculo de los sólidos suspendidos totales y sólidos disueltos totales se utilizaron las ecuaciones 3.16. y 3.17.

$$[SST]_{mg/L} = \frac{(W_2 - W_1)}{V} * 1000$$

Ecuación 3.16. Determinación de sólidos suspendidos totales

En donde:

[SST]= concentración de sólidos suspendidos totales (mg/L)

W_2 = peso final del filtro con muestra (g)

W_1 = peso inicial del filtro vacío (g)

V = volumen de la muestra de agua residual (L)

Ecuación 3.17. Determinación de sólidos disueltos totales

$$[SDT]_{mg/L} = \frac{(W_2 - W_1)}{V} * 1000$$

En donde:

[SST]= concentración de sólidos disueltos totales (mg/L)

W_2 = peso final del crisol con muestra (g)

W_1 = peso inicial del crisol vacío (g)

V = volumen de la muestra de agua residual (L)

ANEXO IV: MÉTODOS DE ANÁLISIS DE PARÁMETROS QUÍMICOS

Tabla 3.8. Métodos y reactivos de los análisis químicos.

Parámetro de análisis	Reactivos	Método espectrofotómetro
Fosfatos	PhoVer3	490
Nitritos	NitriVer3	373
Nitratos	NitraVer5	355
Tensoactivos	Véase en el apartado del análisis	953
DQO	Viales de alto rango	435

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO, DQO

Equipos

- Digestor HACH de DQO
- Espectrofotómetro HACH

Materiales

- Pipeta de 5 mL

Reactivos

- Viales HACH de alto rango (20-1500) mg/L

Procedimiento

1. Ambientar y homogenizar la muestra de agua residual
2. Preparar y precalentar el digestor HACH para llegar a una temperatura de 150°C
3. Para la lectura del blanco, añadir 2 ml de agua destilada en un vial
4. Para la lectura de la muestra, añadir 2 ml de la misma en un vial
5. Agitar los viales por separado y tener precaución por su reacción exotérmica
6. Llevar los viales al digestor durante 2 horas a 150°C
7. Enfriar los viales
8. Dar lectura de los resultados en el espectrofotómetro HACH con el programa 435

La materia orgánica de la muestra se oxida como resultado se consume el dicromato de potasio de color amarillo pasando a un color verdoso de Ion Crómico III, además contiene sulfato de plata como catalizador e iones de Mercurio para evitar interferencias de cloruros.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DBO_5

Equipos

- Cabezales OXYTOP
- Incubadora

Materiales

- Pipetas
- Botellas ambar
- Magnetos

Reactivos

- Inhibidor de nitrificación
- Pellets de sosa caustica

Procedimiento:

1. Con base en la DQO obtenida, se determinó el volumen para el análisis de la Demanda bioquímica de oxígeno DBO_5 . Ver anexo 3
2. Para el caso del blanco se colocó el volumen establecido de agua destilada en la botella ámbar y en el caso de la muestra se añade el mismo volumen en otro equipo OXYTOP.
3. Se colocan los magnetos
4. Se añade el número de gotas de inhibidor de nitrificación.
5. Colocar los receptáculos en la parte superior de la botella, y se introducen en los 2 pellets de sosa caustica respectivamente.
6. Se inserta el cabezal OXYTOP previamente configurado para la incubación de 5 días a 20°C
7. Se presiona iniciar
8. Se colocan los OXYTOP dentro de la agitadora en la bandeja de agitación
9. Se realiza la lectura de los resultados para el día 5 y días anteriores.
10. Se calcula la DBO por el factor establecido en el Anexo 3

Fosfatos**Equipos**

- Espectrofotómetro HACH

Materiales

- Pipetas
- Celdas de 25 ml

Reactivos

- Phos ver 3
- Agua destilada

Procedimiento

1. Ambientar y homogenizar la muestra de agua residual
2. Tomar 10 ml de la muestra y colocarla con una pipeta en una celda para utilizarla como blanco sin reactivo
3. Tomar 10 ml de la muestra colocar con ayuda de una pipeta en la celda
4. Añadir el reactivo Phosver3 en la segunda celda y esperar un tiempo de reacción de 7min
5. Realizar la lectura de los resultados en el espectrofotómetro con el programa 490

NITRITOS**Equipos**

- Espectrofotómetro HACH

Materiales

- Pipetas
- 2 Celdas de 10 ml

Reactivos

- Nitri ver 3
- Agua destilada

Procedimiento

1. Ambientar y homogenizar la muestra de agua residual
2. Tomar 10 ml de la muestra y colocarla con una pipeta en una celda para utilizarla como blanco sin reactivo
3. Tomar 10 ml de la muestra colocar con ayuda de una pipeta en la celda
4. Añadir el reactivo Nitri Ver3 y agitar adecuadamente, donde se observará un cambio de color rosa y esperar un tiempo de reacción de 20 min.
5. Realizar la lectura de los resultados en el espectrofotómetro con el programa 490

Nitratos**Equipos**

- Espectrofotómetro HACH

Materiales

- Pipetas
- 2 Celdas de 10 ml

Reactivos

- Nitra ver 4
- Agua destilada

Procedimiento

1. Ambientar y homogenizar la muestra de agua residual
2. Tomar 10 ml de la muestra y colocarla con una pipeta en una celda para utilizarla como blanco sin reactivo
3. Tomar 10 ml de la muestra colocar con ayuda de una pipeta en la celda
4. Añadir el reactivo Nitra Ver4 y agitar adecuadamente, donde se observará un cambio de color rosa y esperar un tiempo de reacción de 5 min.
5. Realizar la lectura de los resultados en el espectrofotómetro con el programa 490

TENSOACTIVOS ANIÓNICOS**Equipos**

- Espectrofotómetro HACH
DR 2700

Materiales

- Vaso de precipitación de 50ml
- Probetas de volúmenes: 50 ml, 25 ml y 10 ml
- Balon de aforo 50 ml
- Embudo de separación de 500 ml

Reactivos

- 50 ml de solución de lavado
- Cloroformo
- Fenolftaleína
- Hidróxido de sodio 1N
- Ácido sulfúrico 1N
- Ácido Isopropílico

Procedimiento:

1. En el embudo de separación colocar 100 ml de muestra de agua residual
2. Adicionar 3 gotas de fenolftaleína
3. Adicionar gotas de hidróxido de sodio (1N) hasta cambio de color a rosa
4. Adicionar gotas de ácido sulfúrico (1N) hasta que la sustancia se vuelva incolora
5. Agregar 25 ml de azul de metileno y 10 ml de cloroformo
6. Agitar cada 30 segundos para disipar la presión con ayuda de la llave del embudo y repetirlo 3 veces más.
7. Drenar los extractos inferiores y conservarlos
8. Repetir los dos pasos anteriores durante 2 veces
9. Colocar 50 y 10 ml la solución de lavado y alcohol isopropílico respectivamente a la solución reservada
10. Añadir cloroformo y extraer la fase inferior del balón durante 2 ocasiones mas
11. Aforar el balón de 50 ml con cloroformo
12. Dar lectura de los resultados con el espectrofotómetro

ANEXO V: MÉTODOS DE ANÁLISIS DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS EN LABORATORIO

COLIFORMES TOTALES

Equipos

- Incubadora

Materiales

- Tubos de ensayo de 10 ml y 25 ml
- Micropipeta
- Lámpara de alcohol

Reactivos

- Caldo lactosado
- Purpura de Bromocresol
- Medio EC

Procedimiento

1. Homogenizar la muestra y prepara la mesa de trabajo de manera estéril
2. Tomar 1ml de la muestra y colocarlos en un tubo de ensayo que contenga el agua de dilución siendo la dilución 10^{-1} . Tomar 1 ml de la dilución anterior y colocar en el siguiente tubo con agua de dilución
3. Repetir el paso anterior hasta llegar a las diluciones 10^{-5} . Colocar las tapas en la parte superior de cada tubo de ensayo
4. Llevar los tubos de ensayo a una incubadora 2 días a 35°C
5. Registrar los tubos positivos con el indicativo de la presencia de burbuja y el cambio de color de morado a amarillo

COLIFORMES FECALES

Equipos

- Incubadora

Materiales

- Tubos de ensayo de 10 ml y 25 ml
- Micropipeta
- Lámpara de alcohol
- Tubos Durham

Reactivos

- Medio EC
- Agua destilada

Procedimiento

1. Hacer la resiembra de tubos positivos de la prueba de coliformes totales es decir la prueba presuntiva por triple asada y en tubos negativos que contengan medio EC
2. Incubar los tubos durante 24 horas a 44.5°C
3. Registrar los resultados de tubos positivos verificando la presencia de gas en el tubo Durham.

ANEXO VI: COMPOSICIÓN TÍPICA DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA

(todos los valores excepto los sólidos sedimentables se expresan en mg/L)

Constituyente	Concentración		
	Fuerte	Media	Débil
Sólidos, en total	1200	700	350
Disueltos, en total	850	500	250
Fijos	525	300	145
Volátiles	325	200	105
Suspendidos, en total	350	200	100
Fijos	75	50	30
Volátiles	275	150	70
Sólidos sedimentables (ml/l)	275	150	70
Demanda bioquímica de oxígeno, 5 días 20°C	300	200	100
Carbono orgánico total (COT)	300	200	100
Demanda química de oxígeno (DQO)	1000	500	250
Nitrógeno (Total como N)	85	40	20
Orgánico	35	15	8
Amoniaco libre	50	25	12
Nitritos	0	0	0
Nitratos	0	0	0
Fosforo (total como P)	20	10	6
orgánico	5	3	2
inorgánico	15	7	4
Cloruros*	100	50	30
Alcalinidad (como)	200	100	50
Grasa	150	100	50

*Los valores se aumentarán con la cantidad presente en el agua de suministro.

**ANEXO VII: COMPOSICIÓN TÍPICA DE AGUA RESIDUAL
DOMESTICA (ROMERO ROJAS 2010)**

Tabla 7. Composición típica de Agua residual doméstica. Romero Rojas (2010)

Composición típica de las ARD		
Parámetro	Magnitud	
Sólidos totales	720	mg/L
Sólidos disueltos	500	mg/L
Sólidos disueltos volátiles	200	mg/L
Sólidos suspendidos	220	mg/L
Sólidos suspendidos volátiles	165	mg/L
Sólidos sedimentables	10	mg/L
DBO	220	mg/L
COT	160	mg/L
DQO	500	mg/L
Nitrógeno total	40	mg/L-N
Nitrógeno orgánico	15	mg/L-N
Nitrógeno amoniacal	25	mg/L-N
Nitritos	0	mg/L-N
Nitratos	0	mg/L-N
Fosforo total	8	mg/L-P
Fosforo orgánico	3	mg/L-P
Fosforo inorgánico	5	mg/L-P
Cloruros	50	mg/L-Cl
Alcalinidad	100	mg/L-CaCO ₃
Grasas	100	mg/L

**ANEXO VIII: COMPOSICIÓN TÍPICA DE AGUA RESIDUAL
DOMESTICA (TULMA 2013)**

Parámetros	Expresado como	Unidad	Limite máx. permisible
Aceites y Grasas	sustancias solubles en hexano	mg/l	0.3
<u>Alkil mercurio</u>		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2.0
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
Cloro activo	Cl	mg/l	0.5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0.1
Cloruros	<u>cl-</u>	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1.0
Cobalto	Co	mg/l	0.5
Coliformes fécales	NMP/100ml		Remoción > al 99% <u>(+)</u>
Color real	Color real	<u>UC</u> (*)	Inapreciable en dilución

Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0.2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0.5
Demanda Bioquímica Oxígeno(5)	D.B.O.5	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	<u>D.Q.O</u>	mg/l	250
<u>Dicloroetileno</u>	<u>Dicloroetileno</u>	mg/l	1.0
Estaño	Sn	mg/l	5.0
Fluoruros	F	mg/l	5.0
Fósforo total	P	mg/l	10.0
Hiero total	Fe	mg/l	10.0
Hidrocarburos tot. 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
Nitratos+ Nitritos	Expresado como nitrógeno(N)	mg/l	10.0
Nitrógeno total <u>Kjedahl</u>	N	mg/l	15.0

Parámetros	Expresado como	Unidad	Limite máx. permisible
<u>Órgano clorados</u> totales (OCT)	Concentración OCT	mg/l	0.05
<u>Órgano fosforados</u> totales (OFT)	Concentración OFT	mg/l	0.1
Plata	Ag	mg/l	0.1
Plomo	Pb	mg/l	0.1
Potencial de hidrogeno	<u>Ph</u>		5-9
Selenio	Se	mg/l	0.1
Solidos sedimentables		mg/l	1.0
Solidos suspendidos totales		mg/l	100
Solidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	So4=	mg/l	1000
Sulfitos	So3	mg/l	2.0
Sulfuros	S	mg/l	0.5
Temperatura	°C		<35
<u>Tenso activos</u>	Sustancias activas al azul de	mg/l	0.5
Tetra cloruro de carbono	Tetra cloruro de carbono	mg/l	1.0

**ANEXO IX: INFILTRACIÓN BÁSICA Y TEXTURA DEL SUELO DEL
CANTÓN CAYAMBE**

TABLA 16.1 INFILTRACIÓN BÁSICA Y TEXTURA DEL SUELO DEL CANTÓN CAYAMBE

Nro.	Cód. de muestreo	Tipo de suelo	Textura del suelo	Velocidad de infiltración básica (mm/h)	Clasificación
1	S1R1	MOLLISOL	Franco Limoso	53.10	Muy alta
2	S1R2			54.21	Muy alta
3	S1R3			47.79	Alta
4	S2R1	MOLLISOL	Franco	91.56	Muy alta
5	S2R2			81.60	Muy alta
6	S2R3			74.75	Muy alta
7	S3R1	ENTISOL	Franco	34.62	Alta
8	S3R2			39.36	Alta
9	S3R3			33.95	Alta
10	S4R1	MOLLISOL	Franco	55.60	Muy alta
11	S4R2			30.30	Alta
12	S4R3			39.03	Alta
13	S5R1	ENTISOL	Franco Arenoso	11.03	Lenta
14	S5R2			15.52	Muy alta
15	S5R3			7.67	Lenta
16	S6R1	ENTISOL	Franco	38.37	Alta
17	S6R2			29.45	Alta
18	S6R3			32.33	Alta

ANEXO X: INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS (CICAM)


ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253, Edificio Nro. 11
 RUC: 1760005620001 Tel.: (+593-2) 2976300 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864
 Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec • Quito – Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 15 de junio de 2023

No. IRI-23-155

DATOS DEL CLIENTE:

Director proyecto-investigación: Mgs. Eduardo Mauricio Vasquez Falcones
 Nombre del tesista: Melanie Carrillo y Juan Pablo Quinga
 RUC: -
 Dirección: -
 Teléfono convencional: -
 Teléfono celular: -
 Correo electrónico: juanpabloqe@hotmail.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2023-06-08
 No. Oferta de Servicio: OF23-120
 No. Solicitud de trabajo: ST-23-074
 Tipo de servicio: Servicio de ensayo aplicado a la investigación
 Código de la muestra: MI-23- 155
 Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
 Fecha de análisis: Del 08 al 15 de junio de 2023
 Temperatura de ingreso al laboratorio: 11,2°C

DATOS DE LA MUESTRA: SUMINISTRADOS POR EL CLIENTE

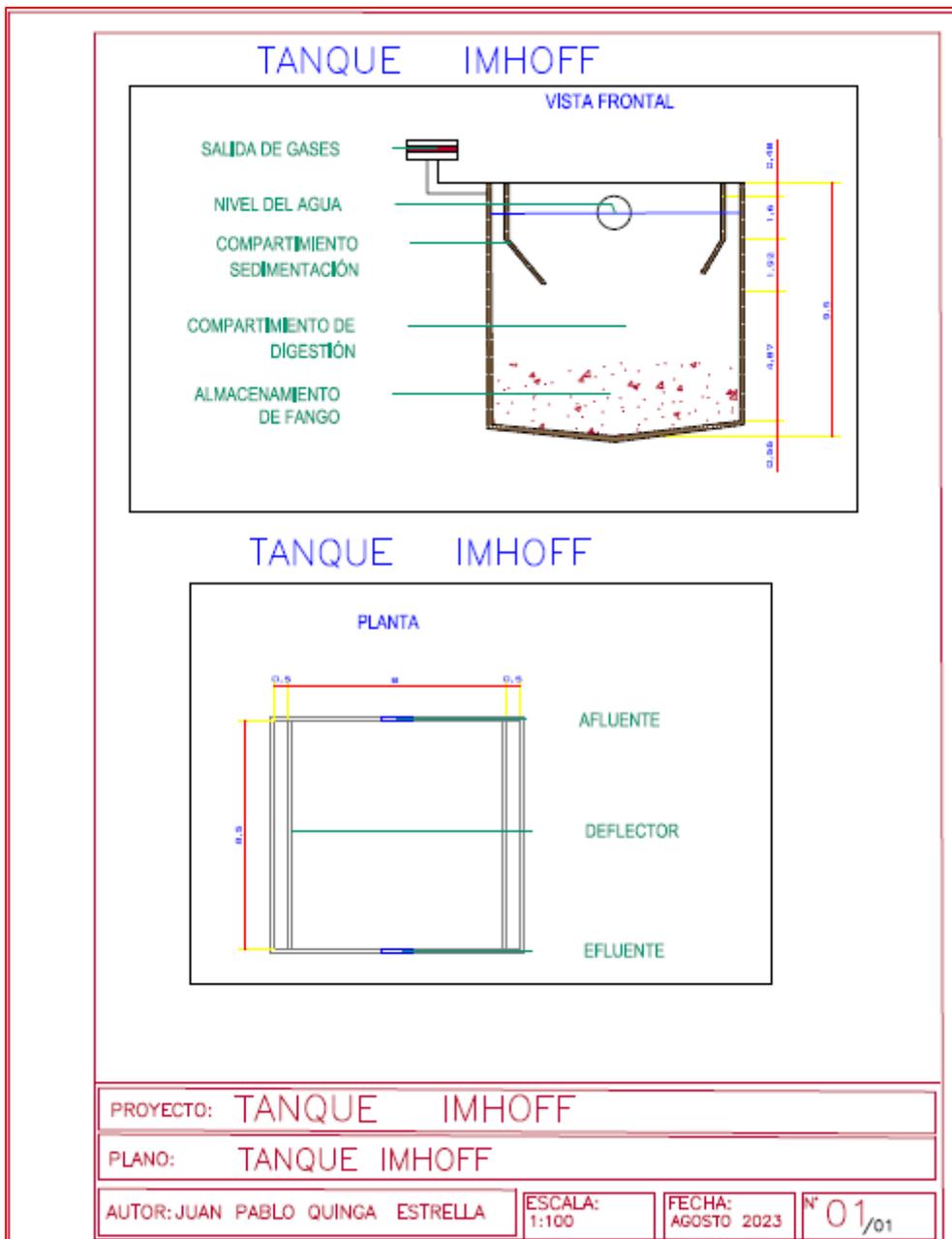
	Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Nombre del Proyecto:	-		
Fecha de muestreo:	2023-06-04	1	Ácido Sulfúrico (H2SO4)
Rotulación de la muestra:	M1	1	No
Tipo de muestreo:	Puntual		
Tipo de muestra:	Agua Residual		
Lugar de muestreo:	Cayambe		
Origen de la muestra:	Alcantarilla		
Responsable de muestreo:	Cliente		

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(a) Aceites y grasas	PE-V-14 SM ED. 23, 2017, 5520 B / Gravimetría	mg/L	50
^(c) Aluminio	SM Ed.23, 2017,3500-Al/Espectrofotometría VIS	mg/L	<0,05

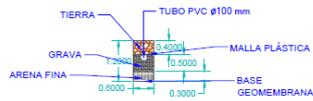
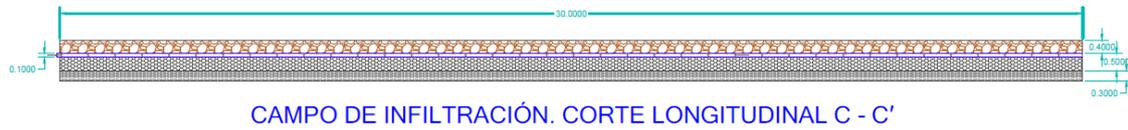
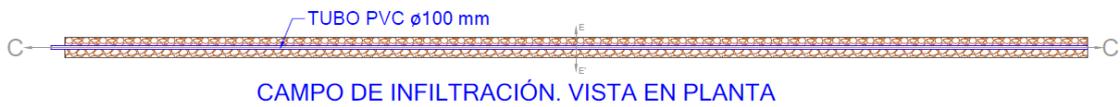
SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Ed: Edición. PE: Procedimiento de Ensayo interno. N/A: No aplica.

Activa
ve a CC

ANEXO XI: PLANO DE TANQUE IMHOFF



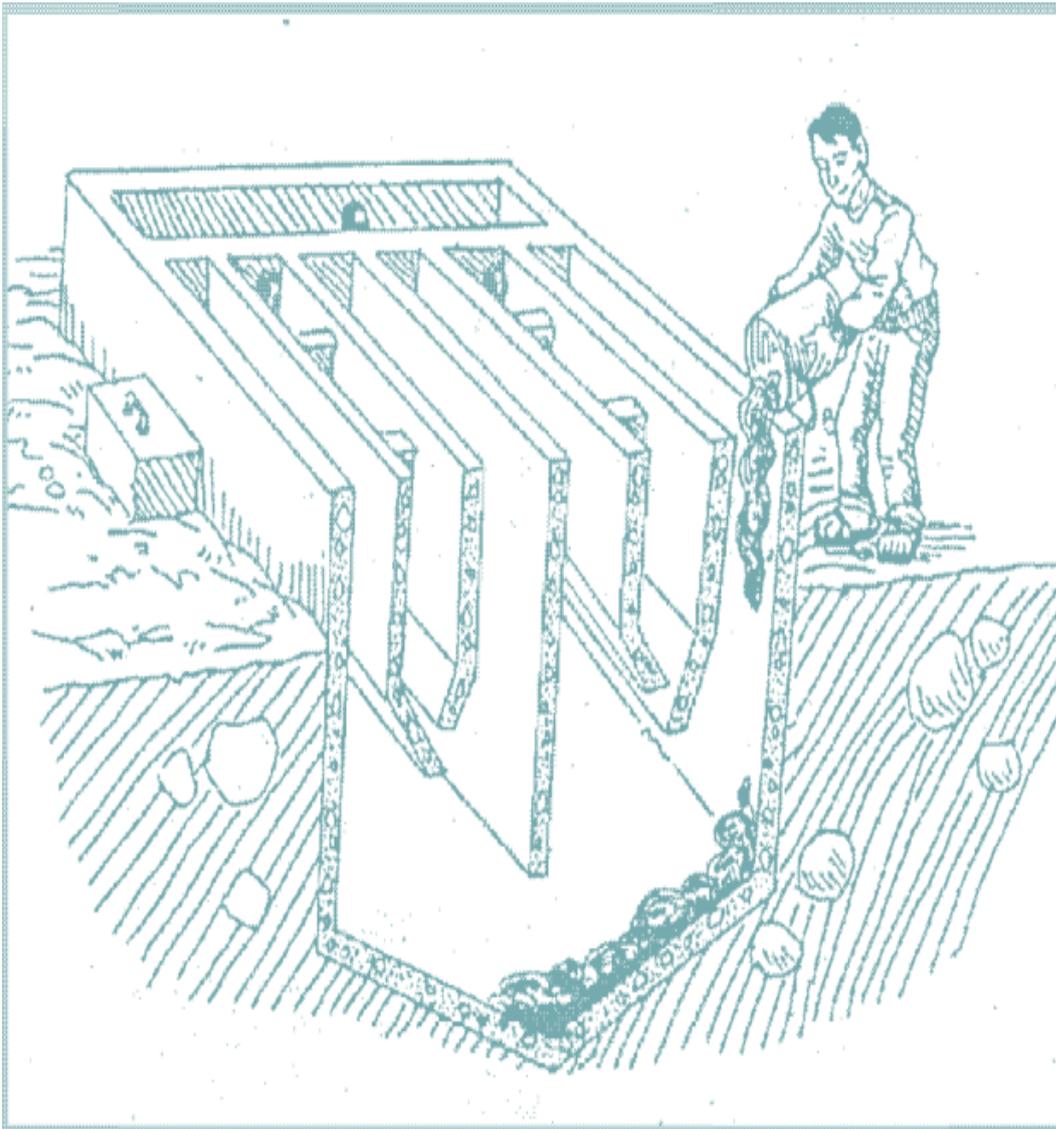
ANEXO XII: PLANO DE ZANJA DE INFILTRACIÓN



DISTRIBUCIÓN CAMPO DE INFILTRACIÓN VISTA EN PLANTA



PROYECTO: ZANJA DE INFILTRACION			
PLANO: ZANJA DE INFILTRACION			
AUTOR: JUAN PABLO QUINGA ESTRELLA	ESCALA: 1:300	FECHA: AGOSTO 2023	N° 0 1/01

ANEXO XIII: MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**MANUAL****DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
DE TANQUES IMHOFFS**

1. Arranque del tanque Imhoff

El tanque Imhoff que se pondrá en funcionamiento estará lleno de agua limpia, así como un tanque de digestión inoculado con lodos de una instalación similar para favorecer el crecimiento de microorganismos anaeróbicos responsables de la mineralización de la materia orgánica. (Méndez, 2011)

2. Operación del tanque Imhoff

a) Zona de sedimentación

Cuando un Tanque Imhoff requiere más de un tanque decantador, el aporte debe dividirse en partes iguales para cada uno de ellos. (Rodríguez, 1999)

La precisión del período de almacenamiento de cada tanque de sedimentación se logra midiendo el tiempo de retardo del movimiento desde la entrada hasta la salida de un objeto flotante o mancha de un determinado tinte, como la fluoresceína. (Salas, 2018)

Durante el funcionamiento del tanque de Imhoff, la mayor parte de los sólidos sedimentados en las aguas residuales brutas se deposita a la altura de la estructura de entrada, provocando un mal funcionamiento de la planta de tratamiento. (Méndez, 2011)

b) Zona de ventilación

Se permiten pequeñas cantidades de material flotante en las áreas de ventilación. Si hay demasiado material flotante en estas zonas de ventilación, puede causar malos olores y al mismo tiempo cubrir la superficie con una pequeña capa de espuma que evita que escapen los gases. (Rodríguez, 1999)

Para mantener estas condiciones bajo control, la capa de espuma debe romperse o romperse periódicamente y antes de que se seque. La destrucción de la capa se puede realizar mediante chorros de agua que emanan de la zona de deposición, o romper manualmente y sumergir la capa utilizando palas, tenedores o cualquier otro medio. (Salas, 2018)

c) Zona de digestión de lodos

La puesta en marcha del Tanque Imhoff o tras su limpieza deberá realizarse en primavera o más cerca de la temporada de verano. (Méndez, 2011)

– Drenajes de lodos

Si el lodo permanece en la zona de lodo el mayor tiempo posible, es posible una buena mineralización. Se recomienda drenar la mayor cantidad de lodo posible durante los meses de verano para asegurar la capacidad de almacenamiento y mineralización del lodo durante el invierno. No se debe descargar todo el lodo, es razonable no descargar más del 15% del volumen o cantidad total que puede acomodar un lecho de secado. (Salas, 2018)

3. Limpieza del tanque Imhoff

a) Zona de sedimentación

Toda la superficie de agua del tanque de sedimentación se limpia de sólidos flotantes, espumas, grasas y materiales asociados al efluente, así como material adherido a paredes de concreto y superficies metálicas con las que los sólidos entran en contacto. (CONAGUA-MX., 2007)

El material flotante se acumula rápidamente en la superficie del reactor y se retira para no afectar la calidad de los efluentes. Esta actividad requiere atención diaria, removiendo todo el material existente en la superficie del agua. (Salas, 2018)

Semanalmente o según las circunstancias lo requieran, los sólidos depositados en las paredes del estanque de relaves se retiran mediante raspadores a base de caucho y las paredes inclinadas del estanque de relaves se limpian con un limpiador de cadena. (EMMAP-Q, 2009)

La grasa y los sólidos que se hayan acumulado en las paredes al nivel de la línea de flotación deben eliminarse con un raspador de metal. (EMMAP-Q, 2009)

b) Zona de ventilación

- En el área de ventilación de la cámara de digestión, no debe haber incrustaciones o sólidos flotantes traídos a la superficie por burbujas de gas. (Rodríguez, 1999) (Rodríguez, 1999)
- El riego a presión es adecuado para volver a inundarlos, si esto no es posible, es mejor sacarlos y enterrarlos inmediatamente. (Méndez, 2011)
- Ayuda a corregir la presencia de espuma mediante el uso de cal apagada, se añade a través de las salas de ventilación. (Salas, 2018)

c) Zona de Digestión de lodos

– Evaluación de lodo

- El ajuste constante del nivel de lodos le permite programar el drenaje en el momento adecuado. Al menos una vez al mes, se establecerá el nivel que alcanza el lodo en su comportamiento. (Salas, 2018)
- El uso de una sonda permite conocer el nivel de sedimento, que se baja cuidadosamente por la zona de ventilación de gases hasta que se juzga que la tira de la sonda toca la capa de limo; esta encuesta debe probarse todos los meses, dependiendo de la tasa de acumulación observada. (Rodríguez, 1999) (Salas, 2018)
- El lodo digerido se elimina de la cámara de digestión abriendo lentamente una válvula en la línea de lodo y drenándolo en los lechos de secado. (Salas, 2018). (INEC, 2016)

4. Fallas de operación del tanque Imhoff**a) Zona de sedimentación****Caso A. Distribución de caudal no uniforme**

Este evento se puede observar por la presencia de más turbulencia y/o movimiento superficial de agua en el área de entrada de aguas residuales sin tratar o midiendo la velocidad de movimiento del agua dentro del sumidero. (CONAGUA-MX., 2007)

Causa

- Condiciones hidráulicas inadecuadas
- Estructuras mal niveladas
- Vertederos mal nivelados

Medidas correctivas

- Instalar vertederos pequeños para la homogenización del caudal afluente.
- Instalar pantallas para definir la distribución del caudal afluente.
- Adecuar los vertederos.

Caso B. Alto contenido de sólidos en sedimentador.**Causa**

- Poca profundidad por debajo del nivel del agua en el filtro de salida.
- Acumulación de cantidades excesivas de espuma en la superficie del agua, o material adherido a las paredes de la contención, desagües de entrada o salida o aliviaderos. (S.N.P.Y.D, 2013)

Medidas correctivas

- Aumente la profundidad de la rejilla de salida por debajo del nivel del agua hasta obtener buenos resultados. (Calderón, 2016)
- Drene los lodos del digestor a una altura que limite su entrada al sedimentador.
- Evite el exceso de material flotante y capas de espuma en áreas ventiladas. El exceso obligará al lodo a ingresar al sedimentador a través de la abertura inferior. (CRITES, 2001)

b) Zona de ventilación**Caso A. Acumulación excesiva de espumas**

- Aparición de grandes cantidades de material flotante ligero

Medidas correctivas

- Quitar parte de las espumas

c) *Zona de Digestión de lodos*

Caso A. Presencia de espuma

Causas

El espumeo se caracteriza por la presencia de grandes cantidades de material de baja densidad que asciende a la superficie en la zona de ventilación, lo cual es causado por una alta digestibilidad debido a las temperaturas elevadas, lo que hace que el material no digerido flote. (CONAGUA-MX., 2007) Este fenómeno también puede producirse por fermentación ácida de lodos, así como por:

La planta está funcionando con mucho material sedimentable sin ningún "inóculo" adecuado. La temperatura de los lodos en la zona de digestión aumenta en verano. Las aguas residuales contienen mucha materia orgánica. (CONAGUA, 2009)

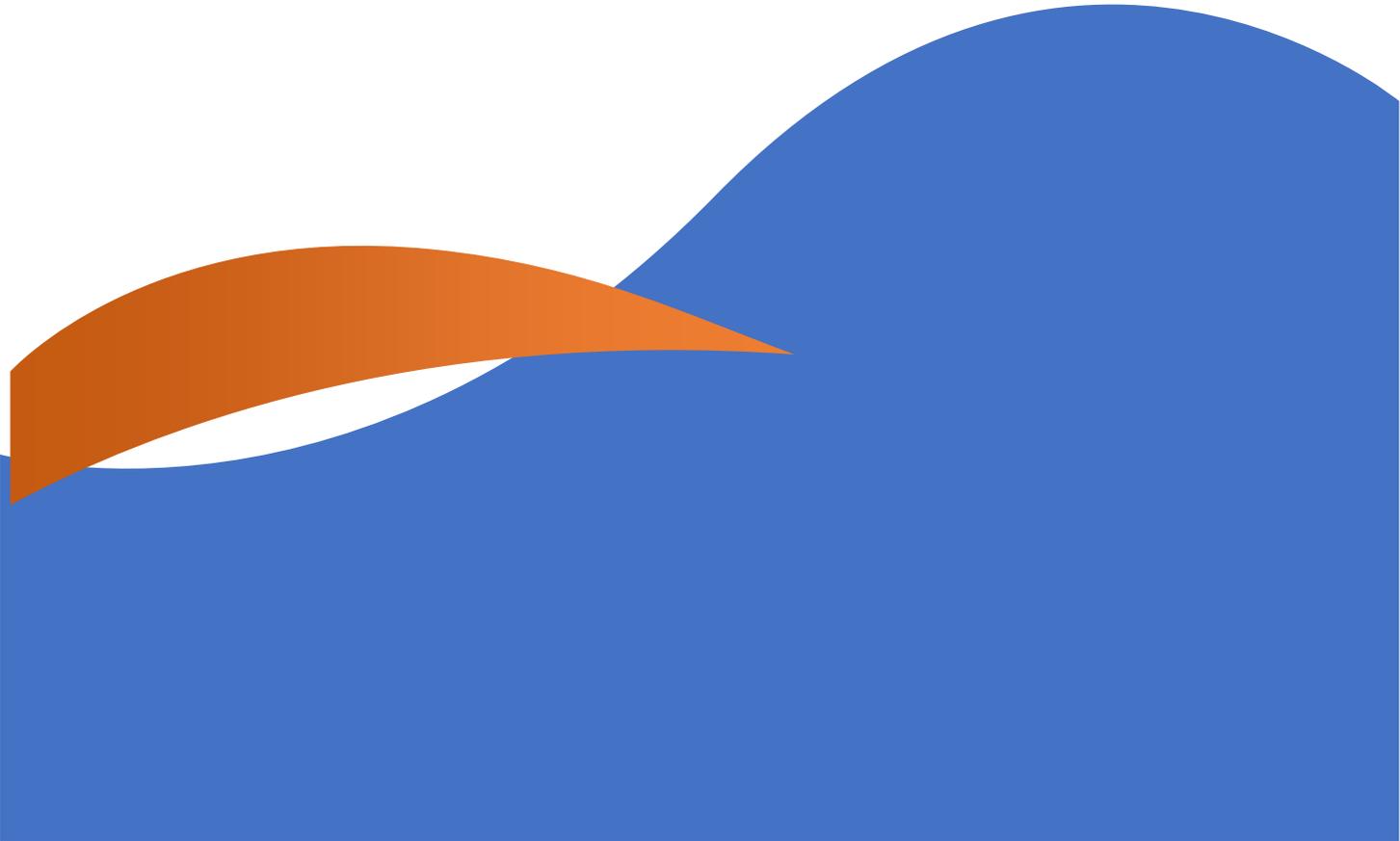
Acción correctiva

- Los trabajos de construcción de los tanques Imhoff comienzan en verano o primavera.
- En verano se debe descargar la mayor cantidad posible de lodos para permitir una digestión adecuada en invierno.
- Descargue una pequeña cantidad de lodo, pero en cantidad suficiente para una digestión óptima del lodo fresco.
- Se rompen las capas de material flotante utilizando chorros de agua, que se encuentran en las ventilaciones. El agua puede ser de la zona de sedimentación.
- Se inserta cal hasta ajustar un pH a 7.0 o un valor aproximando. Se toman muestras de lodos en varias alturas con el objetivo de cuantificar las cantidades necesarias de cal. En la zona de ventilación se añade la cal de forma de lechada, haciendo una distribución igual del producto químico. (Aldás, 2011)

Bibliografía

- Aldás, J. (23 de Mayo de 2011). *Diseño de alcantarillado sanitario y pluvial y tratamiento de aguas servidas de 4 localizaciones*. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/2650/T-PUCE-3204.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calderón, A. (2016). *Anexo técnico catastro de redes y e la infraestructura afecta a la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado*. Obtenido de <https://docplayer.es/18034746-Anexo-tecnico-catastro-de-redes-y-de-la-infraestructura-afecta-a->
- CONAGUA. (2009). *Manual de agua potable, alcantaillado y saneamiento*. Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAP DS- 29.pd>
- CONAGUA-MX. (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros /05Dat osBasicos.pdf>
- CRITES, R. &. (2001). *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*. En McGraw-Hill. Bogotá -Colombia.
- Ecuador, M. d. (2015). *Texto unificado de legislación secundaria del medio ambiente*. En M. d. Ecuado, *Norma de calidad de ambiental y descarga de efluentes*. (págs. págs. 286-338). Quito.
- EMMAP-Q. (2009). *Normas de diseño de sistemas de alcantarillado*. . Obtenido de http://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf
- INEC. (2016). *Indicadores ODS, de agua potable y saneamiento*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/Diagnostico_ASH_pobreza_INEC_BM.pdf
- Libre, U. (2015). *Diseño de alcantarillado*. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10933/CAPITULO%204%20f.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Mariñelarena, A. (2006). *Manual de construcción de sistemas de tratamiento de aguas residuales*. Buenos Aire: FREPLATA.

- Méndez, S. (Enero de 2011). *Diseño del alcantarillado sanitario y pluvial y tratamiento de aguas servidas de la urbanización*. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/608/5/98100.pdf>
- Organización Panamericana Salud. (2005). Guía para el diseño de tanques septicos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización.
- Rodriguez, E. (1999). *Evaluación tecnológica de un tanque Imhoff localizado en Aquiles Serdán*. Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/RODR%C3%8DGUIEZ%20y%20SANTIAGO%201999.%20Evaluaci%C3%B3n%20tecnol%C3
- S.N.P.Y.D. (Septiembre de 2013). *Memoria Técnica*. Obtenido de Geopedología: https://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PDOT/ZONA2/NIVEL_DEL_PDOT_CANTONAL/PICHINCHA/CAYAMBE/IEE/MEMORIA_TECNICA/mt_cayambe_geopedologia.pdf
- Salas, J. (2018). *Introducción a los Humedales artificiales como tratamiento de las aguas residuales*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas/introduccion-humedales-artificiales-como-tratamiento-aguas-residuales>

ANEXO XIV: MEMORIA TECNICA**Rehabilitación del
Tanque Imhoff en el
barrio Vista Hermosa****Juan Pablo Quinga Estrella**

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CONTENIDO.....	90
1 INTRODUCCIÓN.....	91
1.1 Objetivo General	92
1.2 Objetivos Específicos	93
2 Levantamiento de información y línea base.....	93
2.1 Resultados Evaluación de características del sistema de tratamiento ¡Error! Marcador no definido.	
2.2 Resultados del cálculo de dimensiones del sistema de tratamiento (tanque Imhoff).....	98
2.3 Resultados de caracterización del agua residual	101
2.4 Resultados de Mejoras de los sistemas de tratamiento	110
3 CONCLUSIONES	112
4 Recomendaciones	113
5 Bibliografía.....	114

1. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Cayambe localizada en la zona centro del Ecuador cuenta con una población de 830000 habitantes. Dentro de la gestión de los servicios de agua potable, alcantarillado y aseo es administrativa por la Empresa pública municipal de Agua Potable, Alcantarillado y Aseo Cayambe (EMAPACC-EP). Dentro de todo el sistema de alcantarillado de la ciudad existen diferentes sistemas de tratamiento de agua residual.

En el sistema de alcantarillado del barrio Vista hermosa de la ciudad de Cayambe existe el Tanque Imhoff, que se encuentra rezagado por no estar en uso y en consecuencia la red de alcantarillado vierte los desechos directamente al cuerpo de agua del Río Granobles a través de una tubería emergente.

El manejo inadecuado del agua residual domestica e industrial, está ocasionando una contaminación grave que se presenta en los ríos aledaños y pozos de agua subterránea, por ello esta localidad necesita un manejo apropiado de sus aguas residuales. Para garantizar el ejercicio pleno del derecho humano al agua y saneamiento de la población, en condiciones de sostenibilidad y participación efectiva.

Para conocer el estado actual, dimensiones y ubicación del Tanque Imhoff dentro del proyecto, se recopiló información mediante visitas técnicas. Además, EMAPAAC proporcionó datos técnicos para el proyecto, como alturas de tuberías, diámetros de tuberías, número de pozos en la red de alcantarillado, información sobre las áreas y estimaciones de la población atendida. El cálculo tanto de los caudales teórico, aforados y anticipados sirvió de base para la evaluación de las características operativas del sistema, que actualizó las dimensiones del diseño en base a dichos caudales.

Esta localidad necesita el tratamiento de sus aguas residuales para cumplir con la normativa nacional para descargas de aguas residuales en ríos, según lo

establecido en el Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente (TULSMA), se plantea a partir del plan del muestreo y toma de muestras del agua residual la caracterización y verificación del nivel de contaminación dentro del Tanque Imhoff y lograr la remoción de los contaminantes. Así mismo se considerará un sistema de postratamiento como lo es una zanja de Infiltración para cumplir con los límites permisibles de descargas, para finalizar con el tratamiento de las aguas residuales.

El análisis y caracterización del agua residual se realizó a partir de una comparación de los resultados del muestreo y análisis de las concentraciones de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos con tablas de la normativa del Texto Unificado de Legislación Secundaria de la Ministerio de Medio Ambiente (TULSMA) y una tabla típica de composición de aguas residuales domésticas adquirida de la literatura.

Finalmente, se evaluaron las concentraciones removidas por el sistema de tratamiento para ver si su efectividad era suficiente para realizar las descargas al río Granobles de acuerdo con la normativa ambiental del Ecuador, para lo cual se determinó la factibilidad de agregar una segunda operación de tratamiento conocida como zanja de infiltración que es un postratamiento para eliminar patógenos y cualquier carga orgánica que el tratamiento inicial no eliminó.

El sistema de tratamiento primario del tanque Imhoff es importante debido a que su no operación está afectando a la principal fuente de contaminación de aguas superficiales y subterráneas, perjudicando no solamente al recurso hídrico si no también afectando a el ecosistema. El saneamiento de aguas residuales se considera una necesidad ineludible, además es una responsabilidad y obligación de los organismos administrativos públicos cuidar y mitigar el impacto ambiental.

1.1 Objetivo General

Evaluar la rehabilitación de un tanque Imhoff en el barrio Valle Hermoso de la ciudad de Cayambe.

1.2 Objetivos Específicos

- a. Levantar información de los tanques Imhoff deshabilitados y caracterizar el agua residual que se descarga actualmente a cauces naturales.
- b. Evaluar las características operacionales de los sistemas de tratamiento con caudales actualizados mediante el establecimiento de nuevos periodos de diseño.
- c. Proponer mejoras a los sistemas de tratamiento actuales.

2. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN Y LÍNEA BASE.

En la ciudad de Cayambe se ubica el barrio Valle hermoso, designado como sector 0.3-2 por la EMAAPAC, el mismo que cuenta con una población estimada de 1766 habitantes y genera un caudal sanitario de 3.27 L/s. El Tanque Imhoff se encuentra fuera de servicio por falta de mantenimiento ya que la maleza cubría gran parte del tanque y al abrir la tapa de revisión se constató la gran cantidad de lodos acumulados y tuberías de evacuación colapsadas.



Figura 7. Tanque Imhoff del Barrio Valle Hermoso.

Delimitación del barrio Vista Hermosa que se encuentra en la parroquia Cayambe.



Figura 8. Barrio Valle Hermoso.

Ubicación del tanque Imhoff en el barrio Valle Hermoso.



Figura 9. Ubicación del tanque Imhoff del barrio Valle Hermoso.

En las características de los pozos de alcantarillado del barrio Vista Hermosa existen un total de pozos de 120 los cuales están detallados en la siguiente tabla:

Tabla 8. Características de pozos de alcantarillado

POZOS	TOTAL	ALTRA DE POZO (m)		
		0.0-1.2	1.2-2.5	2.51-3.50
P1-1	36	0	29	7
P1-2	51	45	5	1
P1-3	28	16	5	7
P1-4	5	5	0	0
TOTAL	120	66	39	15

El sistema de alcantarillado tiene una longitud de tubería PVC total de 5 407.85 metros, en el colector la longitud es de 1 111.89 metros; así mismo la totalidad

de pozos del sistema es de 120 y los mismos varían en alturas hasta los 3.5 metros.

Tabla 9. Características de tuberías de alcantarillado

RUBRO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
LONGITUD DE TUBERÍA PVC	m	TUBERÍA PVC DN 280 mm	2.591,83
	m	TUBERÍA PVC DN 335 mm	305,23
	m	TUBERÍA PVC DN 400 mm	343,28
	m	TUBERÍA PVC DN 440 mm	476,36
	m	TUBERÍA PVC DN 540 mm	821,58
	m	TUBERÍA PVC DN 650 mm	484,82
	m	TUBERÍA PVC DN 760 mm	104,12
	m	TUBERÍA PVC DN 975 mm	120,54
	m	TUBERÍA PVC DN 1035 mm	121,38
	m	TUBERÍA PVC DN 1150 mm	38,70
TOTAL:			5.407,85

La pendiente media del colector de llegada al tanque Imhoff es de 4.14%. Por otra parte, el diámetro de la tubería de entrada al Tanque Imhoff es de 250 mm; sin embargo, se encuentra desviada directamente hacia el cauce natural de descarga ya que el sistema de tratamiento no se encuentra en operación.

Tabla 10. Características de tuberías del colector de alcantarillado

RUBRO	UNIDAD	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
LONGITUD DE TUBERÍA PVC	m	TUBERÍA PVC DN 280 mm	296,80
	m	TUBERÍA PVC DN 1150 mm	163,38
	m	TUBERÍA PVC DN 1245 mm	149,84
	m	TUBERÍA PVC DN 1345 mm	501,87
TOTAL:			1.111,89

En el barrio Vista Hermosa existe el tanque Imhoff como sistema de tratamiento de aguas residuales, está construido de hormigón armado con una forma cuadrangular de 8.5 m de largo, 8.5 m de ancho y su altura de 1.2 m, además cuenta con cuatro tuberías dos para la disipación del biogás y dos para la extracción de lodos. El tanque Imhoff está a 2863 m sobre el nivel mar.

Tabla 11. Características generales del sistema de alcantarillado del Barrio Valle hermoso

BARRIO VALLE HERMOSO (SECTOR 03-2)		
Parámetro	VALOR	UNIDAD
Número de habitantes	1766	hab
Caudal sanitario	3.27	L/s
Diámetro tubería de entrada	250	mm
Pendiente	4.14	%
Longitud de tubería de llegada	1276	m
Cota tubería de llegada del Tanque Imhoff	2748.1	m
Cota tubería de salida del Tanque Imhoff	2746.13	m
Zona	Este (m)	Norte (m)
17N	815072.23	4513.362

2.1 Resultados evaluación de características del sistema de tratamiento

En el sistema de alcantarillado del barrio Vista Hermosa opera con las tuberías en nivel medio, obteniendo como resultado un caudal teórico de 3.27 L/s producto de su dotación, población actual y coeficiente de retorno.

Tabla 12. Resultados Caudal teórico

Parámetro	Caudal (L/s)	Datos para el cálculo
-----------	--------------	-----------------------

Caudal teórico	3.27	N° de habitantes = 1766 hab Dotación de agua = 200 L/s Coeficiente de retorno = 0.8
----------------	------	---

De acuerdo con las diferentes mediciones realizadas durante cada hora con el equipo medidor de caudal, se consiguieron velocidades y calados que se relacionaron con la tubería parcialmente llena para así calcular el caudal promedio de 3.70 L/s.

Tabla 13. Resultados Caudal de aforo

Caudal de aforo				
No. Medición	Horario de medición	Velocidad(ft/s)	Calado m	Q de aforo (L/s)
1	7:00 a.m.	0,2	0,15	1,8
2	8:00 a.m.	0,5	0,25	7,5
3	9:00 a.m.	0,4	0,13	3,0
4	10:00 a.m.	0,3	0,13	2,4
5	11:00 a.m.	0,2	0,11	1,3
6	12:00 p.m.	0,6	0,15	5,6
7	13:00 p.m.	0,7	0,23	10,1
8	14:00 p.m.	0,5	0,10	2,9
9	15:00 p.m.	0,2	0,10	1,2
10	16:00 p.m.	0,3	0,10	1,6
11	17:00 p.m.	0,4	0,102	2,3
12	18:00 p.m.	0,6	0,132	4,8
			PROMEDIO=	3,70

Figura 10. Aforo de caudales



La población de saturación corresponde a 3033 habitantes, la misma se utilizó para el cálculo del caudal futuro de 5.62 L/s con el que el sistema de tratamiento de aguas residuales deberá operar sin incluir un crecimiento en la extensión superficial del barrio Vista Hermosa.

De los caudales obtenidos, el caudal teórico (3,27 L/s) es muy similar al caudal de aforo o real que es (3,70 L/s). Por otro lado, el caudal futuro (5,62 L/s).

Tabla 14. Resultados Caudal futuro

Parámetro	Caudal (L/s)	Datos para el cálculo
Caudal futuro	5,62	Nº de habitantes de saturación = 3033 Dotación de agua = 200 L/s Cr = 0.8

2.2 Resultados del cálculo de dimensiones del sistema de tratamiento (tanque Imhoff)

Las dimensiones de la cámara de sedimentación establecen un largo de 4,75 metros y un ancho de 4,75 metros. El tiempo de retención de lodos es de 1.5 horas y un volumen de 88.3 metros cúbicos. Se consideró el caudal teórico (3,27 L/s) y una población de 1766 ciudadanos.

Tabla 15. Dimensiones de tanque Imhoff para caudal teórico.

DIMENSIONES DE TANQUE IMHOFF PARA CAUDAL TEÓRICO		
Parámetro	Resultados	Dimensiones
Número de habitantes (N)	1766	hab
Coefficiente de retorno (c)	0.85	-
Caudal máximo	565,06	m ³ /día
CAMARA DE SEDIMENTACION		
Área superficial	22,60	m ²
Base	4,75	m
Largo	4,75	m
Área del sedimentador	22,60	m ²
Volumen del sedimentador	35,32	m ³
Profundidad del sedimentador	1,56	m
Área del biogás	6,78	m ²
AREA DE CADA CAMARA DE BIOGAS		
Área de cada cámara de biogás a (c/b)	3,39	m ²
Ancho de cada cámara (b)	0,71	m
Ancho de cada cámara adoptando (b)	0,60	m
Área de cada cámara de biogás adoptada	2,85	m ²
Área de biogás	5,71	m ²
CAMARA DE ALMACENAMIENTO Y DIGESTION DE LODOS		
Volumen de lodos	88,3	m ³
Altura de lodos	1,9	m

Las dimensiones de la cámara de sedimentación establecen un largo de 5,06 metros y un ancho de 5,06 metros. El tiempo de retención de lodos es de 1.5 horas y un volumen de 88.3 metros cúbicos. Se consideró el caudal de aforo de (3,7 L/s) y una población de 1766 ciudadanos.

Tabla 16. Dimensiones de tanque Imhoff para caudal de aforo.

DIMENSIONES DE TANQUE IMHOFF PARA CAUDAL DE AFORO		
Parámetro	Resultados	Dimensiones
Número de habitantes (N)	1766	hab
Coefficiente de retorno (c)	0.85	-
Caudal máximo	639,36	m ³ /día
CAMARA DE SEDIMENTACION		
Área superficial	25,57	m ²
Base	5,06	m
Largo	5,06	m
Área del sedimentador	25,57	m ²
Volumen del sedimentador	39,96	m ³
Profundidad del sedimentador	1,56	m
Área del biogás	7,67	m ²
AREA DE CADA CAMARA DE BIOGAS		
Área de cada cámara de biogás a (c/b)	3,84	m ²
Ancho de cada cámara (b)	0,76	m
Ancho de cada cámara adoptando (b)	0,60	m
Área de cada cámara de biogás adoptada	3,03	m ²
Área de biogás	6,07	m ²
CAMARA DE ALMACENAMIENTO Y DIGESTION DE LODOS		
Volumen de lodos	88,3	m ³
Altura de lodos	1,9	m

2.3 Resultados de caracterización del agua residual

Las dimensiones de la cámara de sedimentación establecen un largo de 6,23 metros y un ancho de 6.23 metros. El tiempo de retención de lodos es de 1.5 horas y un volumen de 151,65 metros cúbicos. Se consideró el caudal futuro de (5,62 L/s) y una población de 3033 ciudadanos.

Las dimensiones en el caudal teórico resultan en un sistema cuadrado de 4,75 metros por lado, las dimensiones en el caudal de aforo resultan en un sistema cuadrado de 5,06 metros por lado, y las dimensiones del caudal futuro resultan en un sistema cuadrado de 6,23 metros por lado. El Tanque Imhoff que se está construido en el barrio Valle Hermoso es un sistema cuadrado de 8,5 metros por lado en la cámara de sedimentación. De acuerdo con los resultados del dimensionamiento con los diferentes caudales, cualquiera de ellos se adaptaría al sistema ya vigente en cuanto al volumen de flujo que ingresaría para su adecuado tratamiento.

Tabla 17. Dimensiones de tanque Imhoff para caudal futuro.

DIMENSIONES DE TANQUE IMHOFF PARA CAUDAL FUTURO		
Parámetro	Resultados	Dimensiones
Número de habitantes (N)	3033	hab
Coefficiente de retorno (c)	0.85	
Caudal máximo	971,14	m ³ /día
CAMARA DE SEDIMENTACION		
Área superficial	38,85	m ²
Base	6,23	m
Largo	6,23	m
Área del sedimentador	38,85	m ²
Volumen del sedimentador	60,70	m ³
Profundidad del sedimentador	1,56	m

Área del biogás	11,65	m ²
AREA DE CADA CAMARA DE BIOGAS		
Área de cada cámara de biogás a (c/b)	5,83	m ²
Ancho de cada cámara (b)	0,93	m
Ancho de cada cámara adoptando (b)	0,60	
Área de cada cámara de biogás adoptada	3,74	m ²
Área de biogás	7,48	m ²
CAMARA DE ALMACENAMIENTO Y DIGESTION DE LODOS		
Volumen de lodos	151,65	m ³
Altura de lodos	3,3	m

En el transcurso de la visita técnica se realizó el muestreo compuesto en intervalos de una hora, siendo representativa la muestra en relación a las concentraciones de los contaminantes, además se localizó el pozo séptico entre las calles Miraflores y Magnolias como se muestra en la Figura 9.

A partir del muestreo compuesto realizado en el sitio, se obtuvieron los valores por hora de pH, temperatura, velocidad del flujo y calado, obteniéndose así un pH neutro de 6.84 y una temperatura media de 17,26 grados centígrados y además se muestran los datos de velocidad de flujo y calado.

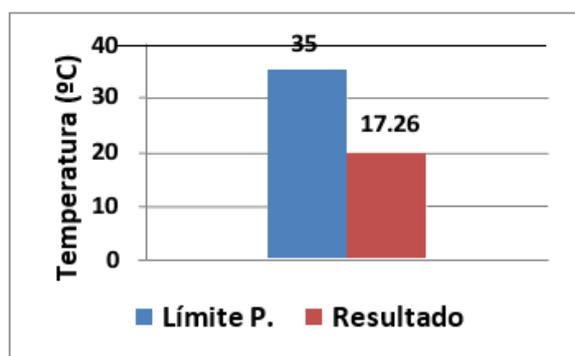


Figura. 11. Temperatura del agua residual

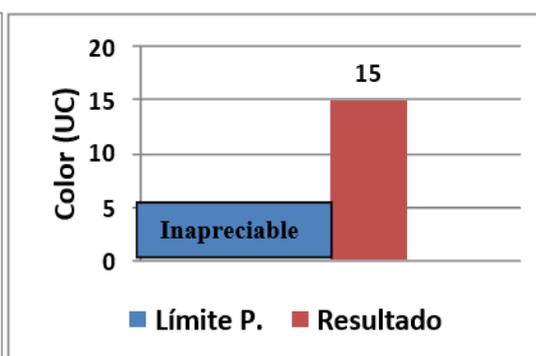


Figura. 12. Color del agua residual

Tabla 18. Resultados de caracterización in situ.

No. Medición	Velocidad de flujo (ft/s)	Calado (m)	pH	Temperatura
1	0,2	0,15	6,69	16,04
2	0,5	0,25	6,39	17,10
3	0,4	0,13	6,97	17,10
4	0,3	0,13	7,01	18,91
5	0,2	0,11	6,61	18,37
6	0,6	0,15	6,87	18,36
7	0,7	0,23	7,13	18,34
8	0,5	0,10	6,32	17,60
9	0,2	0,10	7,04	16,85
10	0,3	0,10	6,88	16,34
11	0,4	0,102	7,09	16,31
12	0,6	0,132	7,18	15,87

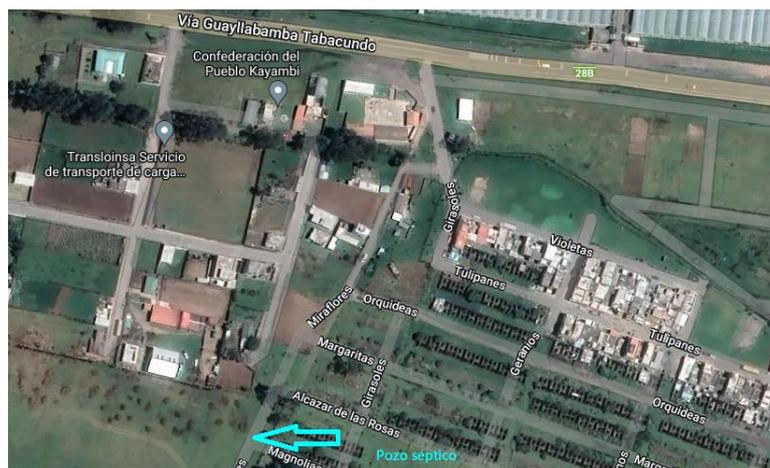


Figura 13 Localización del pozo séptico que se realizó el muestreo.



Figura 14. Medición in situ con multiparámetro.

En la siguiente tabla 19 se muestra todos los parámetros analizados en el laboratorio, con sus unidades y resultados, además se utiliza dos bibliografías de comparación de límite máximo permisible para verificar el cumplimiento de descargas de cuerpos de agua dulce en afluentes aledaños a la ubicación de muestreo. Estableciendo como resultado que la demanda bioquímica de oxígeno en cinco días, la demanda química de oxígeno, los sólidos de suspensión, los nitritos, los nitratos, los coliformes totales y los coliformes fecales no cumplen con la norma. En cuanto a la demanda química de oxígeno se evidencio un elevado resultado sobrepasando el límite permitido.

Tabla 19. Resultados de caracterización en laboratorio.

Parámetro	Unidad	Resultado	Límite máximo permisible (Tulsma 2015)		Límite máximo permisible (Romero Rojas, 2010)	Cumplimiento
			Cuerpos de agua dulce	Sistema de alcantarillado publico		
Solidos totales	mg/L	568	1600	1600	720	Cumple
Solidos suspendidos	mg/L	360	80	220	220	No Cumple
Solidos disueltos	mg/L	380	-	-	500	Cumple
Solidos sedimentables	mg/L	0.5	-	-	1	Cumple
DBO5	mg/L	655	50	250	220	No Cumple
DQO	mg/L	1478	100	500	500	No Cumple
Nitratos (dilución)	mg/L	3,2	-	-	0	No Cumple
Nitritos (dilución)	mg/L	0,095	-	-	0	No Cumple
Fosfatos	mg/L	6,32	-	-	8	Cumple
Aceites y grasas	mg/L	50	30	70	100	Cumple
Aluminio	mg/L	Menos de 0,05	5	5	--	Cumple
Tensoactivos	mg/L	1,128	0,5	2	-	Cumple

Coliformes totales	NMP/100 ml	$4,6 * 10^{10}$	-	-	-	No Cumple
Coliformes fecales	NMP/100 ml	$2,1 * 10^8$	-	2000	-	No Cumple

Los parámetros como los sólidos totales (568 mg/L), sólido sedimentables (0,5 mL/hora) cumplen con los valores máximos permisibles ya que fueron comparados con los valores de la norma de TULSMA y con la Tabla de composición típica de aguas residuales domesticas (Romero Rojas, 2010), por lo cual se debe priorizar el tratamiento de las demás concentraciones de los parámetros que se encuentran por encima de los rangos establecidos.

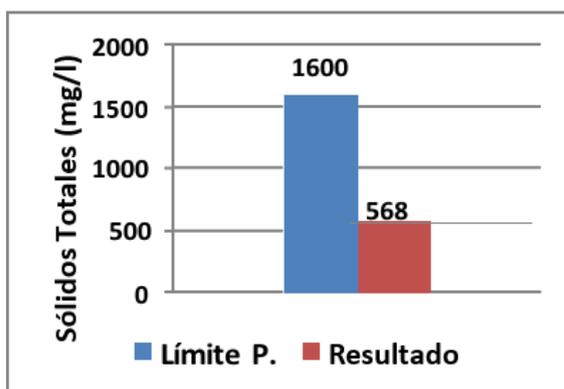


Figura 15. Sólidos totales

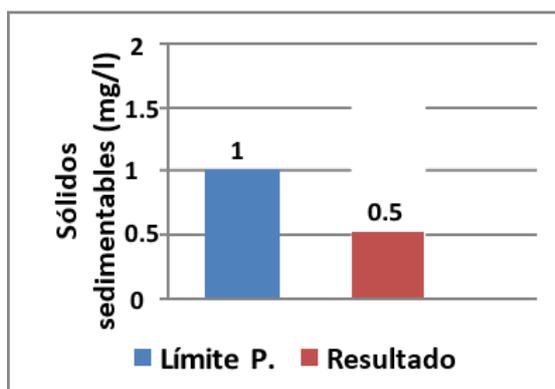


Figura 16. Sólidos sedimentables



Figura 17. Análisis de sólidos sedimentables.

Los sólidos suspendidos (360 mg/L) sobrepasan los límites máximos permisibles, ya que pueden generar turbidez en el agua residual y promueve un proceso de descomposición en caso de que sea de tipo orgánica. En referencia a los sólidos disueltos tienen un rango de (380 mg/L) que está dentro de los límites permisibles de la norma TULSMA y con la Tabla de composición típica de aguas residuales domesticas (Romero Rojas, 2010).

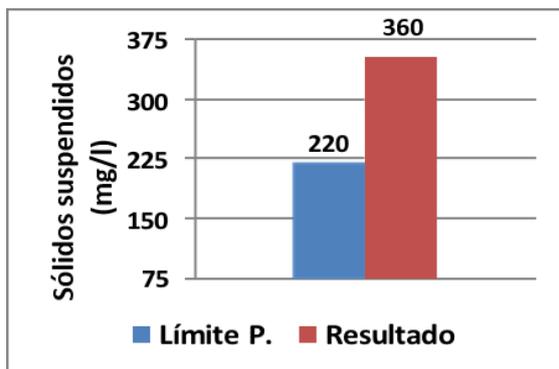


Figura 18. Sólidos suspendidos

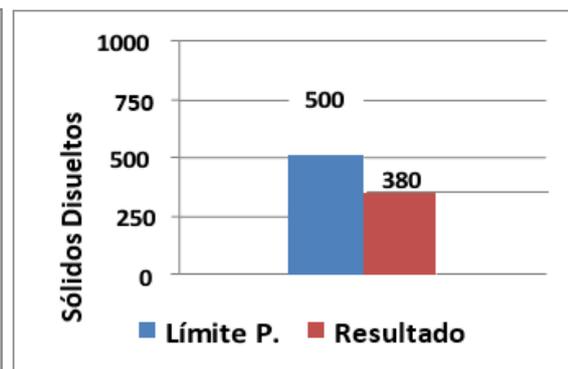


Figura 19. Sólidos disueltos

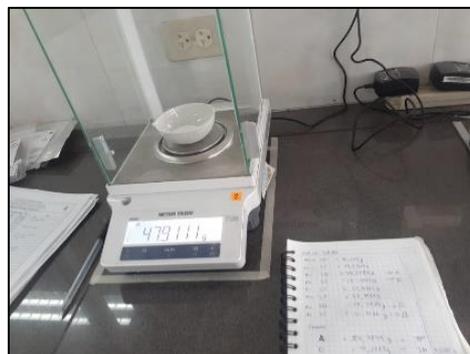


Figura 20. Análisis de sólidos en laboratorio.

Los tensoactivos (1,128 mg/L) no cumplen únicamente con los límites de descarga hacia cuerpos receptores de agua dulce según la norma del TULSMA ya que afectan la tensión interfacial del cuerpo hídrico con procesos avanzados de oxidación. En referencia a los fosfatos tienen un valor de (6.32 mg/L) que es un límite permisible en comparación a la norma TULSMA y con la Tabla de composición típica de aguas residuales domesticas (Romero Rojas, 2010).

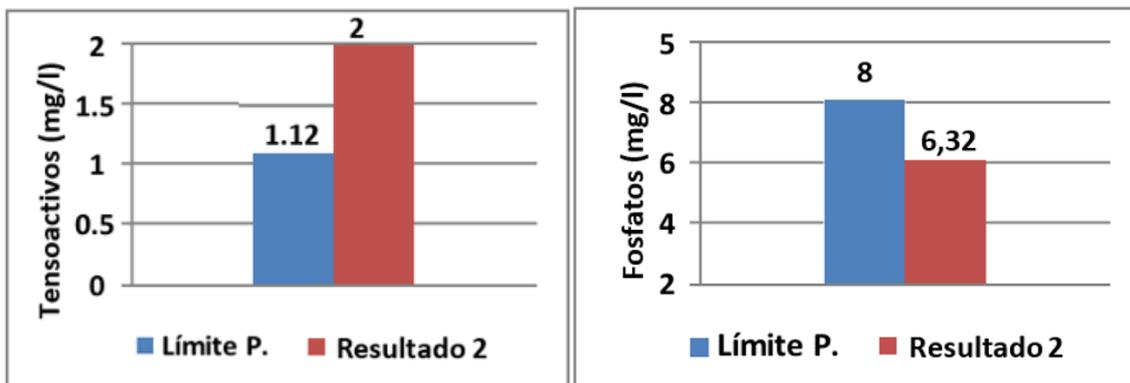


Figura 21. Tensoactivos

Figura 22. Fosfatos



Figura 23. Análisis de tensoactivos.

Los nitratos (3,2 mg/L) también poseen valores no establecidos en la norma o la composición típica de este tipo de agua residual, ya que los nitratos producen el crecimiento explosivo de las algas. Los nitritos (0.095 mg/L) es un valor que no se encuentra dentro del rango establecido; sin embargo, solo si se encuentra en mayores concentraciones se puede considerar toxico y perjudicial para la salud.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno permite evaluar la calidad del agua residual y considera el suministro de oxígeno en la oxidación de la materia orgánica de forma aerobia. También conocida como (DBO5), su valor para las aguas residuales provenientes de la zona de estudio es de (250 mg/L), el misma que sobrepasa los límites máximos permisibles según Metcalf & Eddy (1996) que es de (655 mg/L) y la normativa del TULSMA (2015) que recomienda un valor de

50mg/L para descargas a Cuerpos de agua dulce y 250mg/L para descargas al sistema de alcantarillado público.

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) en aguas residuales permite conocer su concentración orgánica. La DQO para la zona de estudio es de (1478 mg/L), la misma que sobrepasa los límites máximos permisibles según Metcalf & Eddy (1996) que es de 500 mg/L y la normativa del TULSMA (2015) que recomienda un valor de 100 mg/L para descargas a Cuerpos de agua dulce y 500 mg/L para descargas al sistema de alcantarillado público.

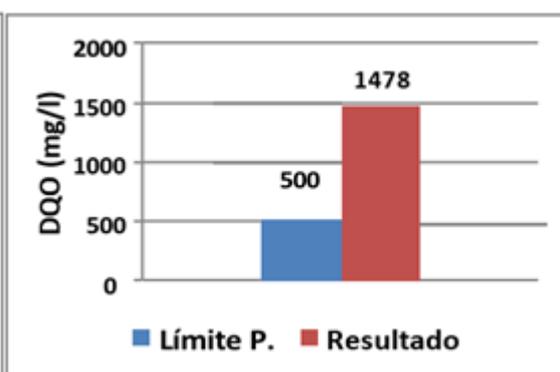
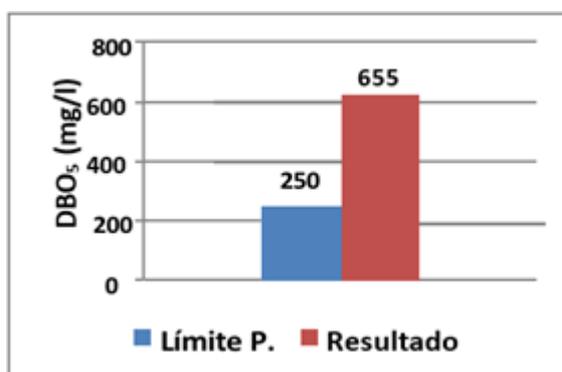


Figura 24. Demanda bioquímica de oxígeno

Figura 25. Demanda química de oxígeno

Los resultados de los parámetros de Aceites y grasas (50 mg/L) y Aluminio (menor a 0,05 mg/L) cumplen con los parámetros del TULSMA y las composiciones típicas de las aguas residuales según (Rojas, 2010). El informe de los resultados fue emitido por el laboratorio CICAM (Ver Anexo IV).

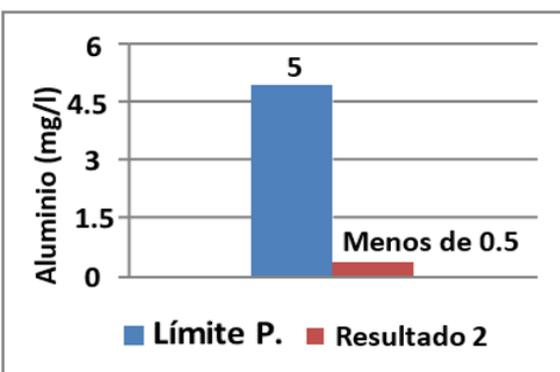
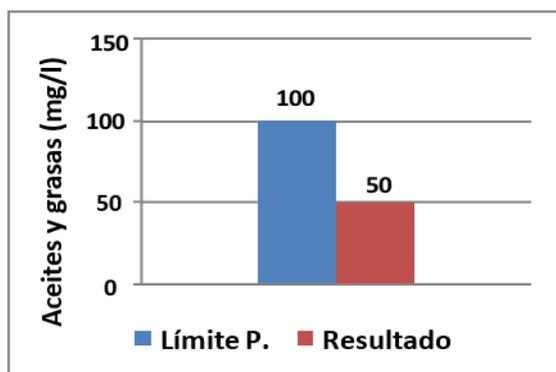


Figura 26. Aceites y grasas

Figura 27. Aluminio

Por su parte los coliformes se encuentran en altas concentraciones característico del agua residual doméstica. Es importante realizar un tratamiento a dicho parámetro debido a la posible propagación de patógenos. Los análisis realizados en laboratorio se efectuaron en el laboratorio de Ingeniería civil y Ambiental.

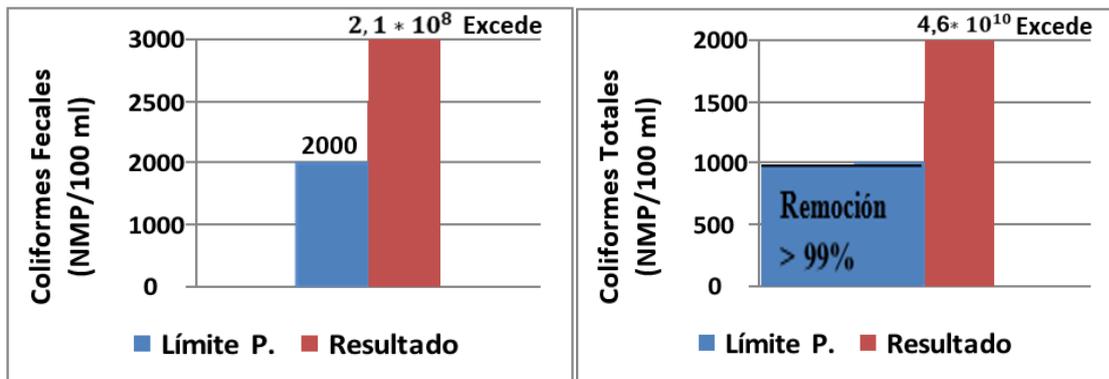


Figura 28. Coliformes fecales

Figura 29. Coliformes totales



Figura 30. Análisis de coliformes totales.



Figura 31. Análisis de coliformes fecales.

2.4 Resultados de Mejoras de los sistemas de tratamiento

En suma, el dimensionamiento del sistema de tratamiento con todos los caudales se adapta al Tanque Imhoff que ya se encuentra vigente en el barrio Valle Hermoso. En cuanto a los parámetros existentes en el Tanque Imhoff los sólidos suspendidos son removidos 70% y resultarían luego del tratamiento en (48mg/L) que cumpliría con el parámetro de descarga, la DBO5 es removida en un 50% y resultaría luego del tratamiento en (327,5 mg/L) que no cumpliría con el parámetro de descarga, finalmente los coliformes fecales son removidos en un 60% y pasarían a una concentración de $0,84 \times 10^8$ número más probable por cada cien mililitros.

Únicamente los sólidos suspendidos cumplen con los niveles máximos permisibles para su descarga, mientras que la DBO5 y los coliformes fecales deberían tener otro tipo de tratamiento. De acuerdo con los parámetros analizados se opta por agregar un sistema de tratamiento adicional como es la zanja de infiltración con el fin de eliminar la concentración de patógenos que aún se encuentra presente en el agua residual después del tratamiento con el Tanque Imhoff.

Tabla 20. Dimensionamiento de la zanja de infiltración.

CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	MEDIDA
Ancho de la zanja	m	0,6
Profundidad de la zanja	m	1.2
Longitud total de la zanja	m	580
Número de zanjas	U	20
Longitud de cada zanja	m	30
Separación entre zanjas	m	1

En el siguiente diseño representa es la vista de planta de la zanja de infiltración que es propuesta el resultado dispone de un ancho (0.6 m) y largo de (30 m), además posee de una tubería de PVC de (100 mm) (Mariñelarena, 2006).

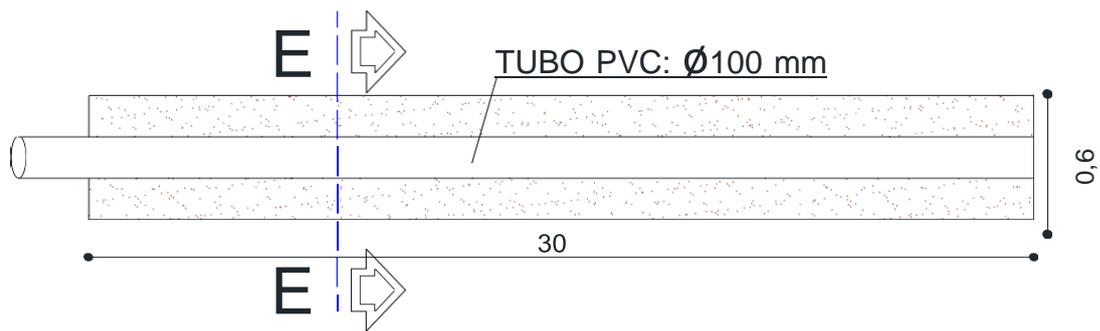


Figura 33. Zanja de infiltración. Vista en planta ESCALA 1:100

Según la bibliografía estudiada, menciona que se puede construir máximo (30 m) de largo de zanja y cuando referente al espaciado entre zanja debe ser de (1m). Además sugiere el tipo y la cantidad de compactación, geomembrana, malla plástica, grava, arena fina y la tierra (Mariñelarena, 2006).

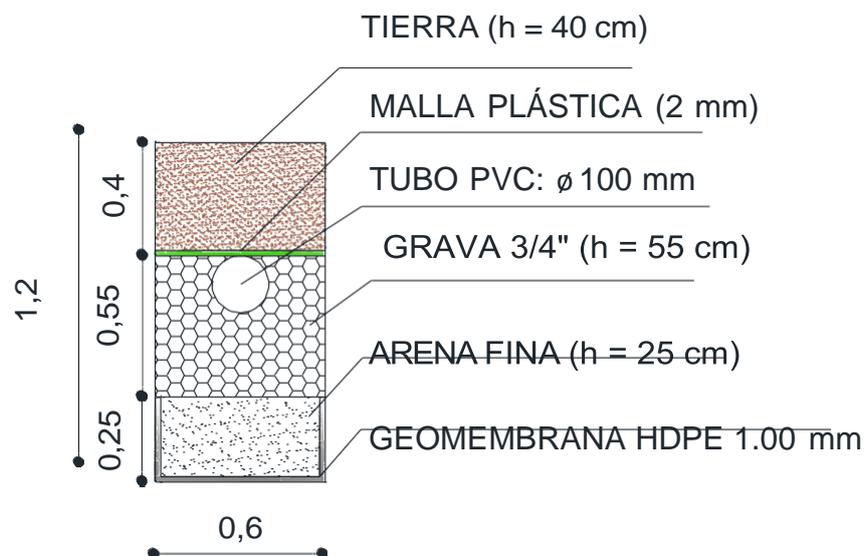


Figura 34. Zanja de infiltración. Corte transversal. Escala 1:100

3 CONCLUSIONES

Después de la evaluación de los caudales reales, de aforo y futuro se determinó que no existen inconsistencias en los mismos que son descargados directamente al sistema de alcantarillado, por lo cual se recomienda poner en funcionamiento el sistema de tratamiento actual que corresponde al Tanque Imhoff ubicado en barrio Valle Hermoso.

De forma teórica se obtuvo un caudal de 3,27 L/s, el caudal de aforo indica que se opera a partir de un flujo que no se encuentra completamente lleno en la tubería de alcantarillado, debido a los resultados de los calados; mientras que el caudal futuro corresponde a 5,62 L/s.

En conclusión, el sistema de tratamiento de aguas residuales presenta las características adecuadas en cualquiera de sus caudales para operar normalmente debido a que para el caudal futuro utilizando un número de habitantes de saturación, el sistema de tratamiento corresponde a un tanque de 6,23 metros de largo por ancho, mientras que el ya existente posee dimensiones de 8,5 metros de largo por ancho.

Se determino a partir del muestreo y el análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que corresponden, según (Rojas, 2010) a la composición típica de Agua residual doméstica, que los principales contaminantes que no cumplen los rangos establecidos de concentraciones son DBO5, DQO, solidos suspendidos, nitritos, nitratos, coliformes totales y fecales. Con base en dichos contaminantes se concluyó que el Tanque Imhoff como operación de tratamiento no posee la suficiente eficiencia de remoción, por lo cual se establece la construcción de un sistema de tratamiento adicional que es la zanja de infiltración para remover cualquier contaminante excedente no removido en el tratamiento anterior.

En el caso de la rehabilitación del Tanque Imhoff se debe considerar que en la zona de estudio existe la presencia de aguas subterráneas que han sido

utilizadas en los últimos años por industrias cercanas para sus actividades productivas, por lo cual varias construcciones han palpado afectaciones a corto y largo como fraccionamientos y hundimientos debido a la presencia de los mantos acuíferos. Se debe realizar estudios de factibilidad de construcción y evitar el bombeo de las aguas subterráneas a partir de un riguroso control por parte de las autoridades en el uso de estas aguas subterráneas por parte de las industrias.

4 RECOMENDACIONES

Considerar la rehabilitación del Tanque Imhoff en el barrio Valle hermoso y desarrollar un análisis físico químico y microbiológico permanente para evaluar el grado de contaminación del agua residual que será tratada tanto en el afluente antes del ingreso al Tanque Imhoff y la zanja de infiltración como en el efluente luego del proceso de tratamiento, con el fin de evitar procesos de eutrofización, propagación de patógenos, entre otros.

Efectuar campañas de educación ambiental a la población e industrias para la concientización de la importancia y el cuidado de los sistemas de alcantarillado, tratamiento de las aguas residuales con el objetivo de mantener en equilibrio el ecosistema y la salud humana.

Se recomienda que el personal capacitado mantenga un protocolo en la operación y mantenimiento del tanque Imhoff a partir del manual elaborado en el presente documento para resguardar su eficiencia operacional.

Se recomienda conservar los cuerpos hídricos e implementar un plan de gestión de riesgos y monitoreo por inundaciones debido a los niveles freáticos de las aguas subterráneas ya que permiten que Ríos y lagos se mantengan en los niveles superficiales adecuados.

Se recomienda realizar inspecciones estructurales a las casas y construcciones cercanas a los mantos de acuíferos para identificar posibles daños que atenten con la vida y seguridad de los ciudadanos del Barrio Valle Hermoso.

5 BIBLIOGRAFÍA

- Aldás, J. (23 de Mayo de 2011). *Diseño de alcantarillado sanitario y pluvial y tratamiento de aguas servidas de 4 localizaciones*. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/2650/T-PUCE-3204.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calderón, A. (2016). *Anexo técnico catastro de redes y e la infraestructura afecta a la prestación de los servicios de acueducto y alcantarillado*. Obtenido de <https://docplayer.es/18034746-Anexo-tecnico-catastro-de-redes-y-de-la-infraestructura-afecta-a->
- Carvajal, L. (2006). *Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado* (28 ed.). Santiago de Cali: U.S.C.
- CONAGUA. (2009). *Manual de agua potable, alcantallado y saneamiento*. Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGAP DS- 29.pd>
- CONAGUA-MX. (2007). *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento*. Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/Libros /05DatosBasicos.pdf>
- CRITES, R. &. (2001). *Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones*. En McGraw-Hill. Bogotá -Colombia.
- Ecuador, M. d. (2015). *Texto unificado de legislación secundaria del medio ambiente*. En M. d. Ecuado, *Norma de calidad de ambiental y descarga de efluentes*. (págs. págs. 286-338). Quito.
- EMMAP-Q. (2009). *Normas de diseño de sistemas de alcantarillado*. . Obtenido de http://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf

- INEC. (2016). *Indicadores ODS, de agua potable y saneamiento*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Libros/Diagnostico_ASH_pobreza_INEC_BM.pdf
- Libre, U. (2015). *Diseño de alcantarillado*. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10933/CAPITULO%204%20f.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Méndez, S. (Enero de 2011). *Diseño del alcantarillado sanitario y pluvial y tratamiento de aguas servidas de la urbanización*. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/608/5/98100.pdf>
- Rodríguez, E. (1999). *Evaluación tecnológica de un tanque Imhoff localizado en Aquiles Serdán*. Obtenido de https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/RODR%C3%8DGUIZ%20y%20SANTIAGO%201999.%20Evaluaci%C3%B3n%20tecnol%C3
- Salas, J. (2018). *Introducción a los Humedales artificiales como tratamiento de las aguas residuales*. Obtenido de <https://www.iagua.es/blogs/juan-jose-salas/introduccion-humedales-artificiales-como-tratamiento-aguas-residuales>
- Salud, O. P. (2005). Guía para el diseño de tanques septicos, tanques Imhoff y lagunas de estabilización.