

**UNIVERSIDAD NACIONAL
SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO**

FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



**“ EFICIENCIA DE UN FILTRO INTERMITENTE DE GRAVA SIN
RECIRCULACIÓN EN PLANTA PILOTO ACONDICIONADA EN
VIVIENDA DE LA CIUDAD DE HUARAZ -ANCASH, 2017”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO

Tesista: Br. RAUL CESAR ALEJOS BELTRAN

Asesor: Ing. KIKO FELIX DEPAZ CELI

Huaraz –Perú

2019

**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,
CONDUCENTES A OPTAR TÍTULOS PROFESIONALES Y GRADOS ACADÉMICOS EN EL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL.**

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres: _____

Código de alumno: _____ Teléfono: _____

Correo electrónico: _____ DNI o Extranjería: _____

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Tipo de trabajo de investigación:

Tesis

Trabajo de Suficiencia Profesional

Trabajo Académico

Trabajo de Investigación

Tesinas (presentadas antes de la publicación de la Nueva Ley Universitaria 30220 – 2014)

3. Título Profesional o Grado obtenido:

4. Título del trabajo de investigación:

5. Facultad de: _____

6. Escuela, Carrera o Programa: _____

7. Asesor:

Apellidos y nombres _____ Correo electrónico: _____

Teléfono: _____ N° de DNI o Extranjería: _____ ORCID: _____

8. Tipo de acceso al Documento

Acceso público* al contenido completo.

Acceso restringido** al contenido completo

Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Santiago Antúnez de Mayolo una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundirlo en el Repositorio Institucional, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso de que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

10. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.



Firma del autor

11. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para las investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.



El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Recolector Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

12. Para ser llenado por la Dirección del Repositorio Institucional

Fecha de recepción del documento por el Repositorio Institucional:

Firma:

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



ACTA DE SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TESIS, PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO

Los Miembros del Jurado en pleno que suscriben, reunidos en la fecha, en el auditorium de la FCAM-UNASAM, para la Ceremonia de Sustentación de la Tesis, que presenta el señor Bachiller: **RAUL CESAR ALEJOS BELTRAN**.

Tesis Titulada: "EFICIENCIA DE UN FILTRO INTERMITENTE DE GRAVA SIN RECIRCULACIÓN EN PLANTA PILOTO ACONDICIONADA EN VIVIENDA DE LA CIUDAD DE HUARAZ - ANCASH, 2017"

En seguida, después de haber atendida la exposición oral y escuchada las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas lo declaramos:

..... Aprobado

Con el calificativo de:


..... Quince (15)

En consecuencia, queda en condiciones de ser **APROBADO** por el Consejo de Facultad y recibir el Título Profesional de:

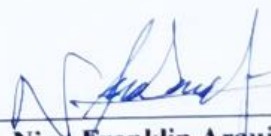
INGENIERO SANITARIO

De conformidad con el Art. 113° numeral 113.9 del reglamento General de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario N° 399-2015-UNASAM), el Art. 48° del Reglamento General de Grados y Títulos de la UNASAM (Resolución de Consejo Universitario – Rector N° 761-2017-UNASAM) y el Art. 160° del Reglamento de Gestión de la Programación, Ejecución y Control de las Actividades Académicas (Resolución de Consejo Universitario – Rector N° 432-2016-UNASAM del 28-12-2016).

Huaraz, 29 de Enero del 2019.


Ing. Gregorio Santiago Sáenz Pohl
Presidente


Quim. Mario Vladimír Leyva Collas
Secretario


Ing. Nino Franklin Araujo Jamanca
Vocal


Ing. Kiko Félix Depaz Celi
Asesor

DEDICATORIA

A dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida profesional y al maestro de maestros: Jesús, el educador más Grande de todos los tiempos.

A mis querido padres: Nicolás Emiliano Alejos Luciano y Yolinda Iluminada Beltrán Gervasio, por su apoyo incondicional y desinteresado en mi formación personal y profesional, gracias a ellos soy lo que soy.

A mi hijo, Cesar Emiliano Alejos Carranza, quien me enseñó lo que es el amor verdadero y a nunca renunciar a mis metas trazadas.

ALEJOS BELTRAN RAUL CESAR

AGRADECIMIENTOS

A mis queridos hermanos, por el apoyo incondicional en el desarrollo de este estudio de investigación.

A los catedráticos de la escuela profesional de Ingeniería Sanitaria de la UNASAM, gracias a ellos he llegado a obtener los conocimientos necesarios para poder desarrollar el presente estudio de investigación.

ÍNDICE

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
INDICE	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE CUADROS	xii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	xiv
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xviii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCION	1
1.1. OBJETIVOS	2
1.1.1. OBJETIVO GENERAL.....	2
1.1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	2
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	3
1.2.2. FORMULACION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.2.3. JUSTIFICACION	6
1.3. HIPOTESIS GENERAL	7
1.2.1. VARIABLES	7
1.2.2. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	9
CAPÍTULO II.....	10
MARCO TEÓRICO	10
2.1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICOS	10
2.2. FUNDAMENTACION DE LA TESIS	13
2.2.1. FUNDAMENTACION LEGAL	13
A. REGLAMENTO GENERAL DE GRADOS Y TÍTULOS - Aprobado con Resolución de Consejo Universitario N°309-2009- UNASAM.	13
B. MARCO LEGAL EN MATERIA DE AGUAS RESIDUALES.....	14
2.3. DEFINICIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS	16

2.3.1.	COMPOSICION DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA	18
2.4.	TECNOLOGIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	21
2.4.1.	TRATAMIENTO PRELIMINAR	26
2.4.2.	TRATAMIENTO PRIMARIO	28
2.4.3.	TRATAMIENTO SECUNDARIO	29
2.4.4.	TRATAMIENTO TERCARIO.....	32
2.4.5.	DESINFECCIÓN	34
2.5.	CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGUA RESIDUAL.....	35
2.6.	CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES	37
2.7.	CARACTERISTICAS BIOLOGICAS DEL AGUA RESIDUAL.....	40
2.8.	PROBLEMÁTICA DEL REÚSO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL PERÚ.	40
2.9.	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON TANQUE SEPTICO	41
2.10.	PARÁMETROS DE ANÁLISIS DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES	43
2.11.	SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE ORIGEN DOMESTICO:	47
2.11.1.	BIODIGESTOR CLARIFICADO	48
2.11.2.	FILTRACION EN MEDIO GRANULAR	50
2.11.3.	DESCRIPCION DE LA TECNOLOGIA DE LOS FILTROS INTERMITENTES	53
2.11.4.	TIPOS DE FILTROS INTERMITENTES.....	53
2.11.5.	TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUA RESIDUAL.....	54
2.11.6.	DESCRIPCION DEL AMBITO DE ESTUDIO	54
2.12.	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS	55
	CAPÍTULO III.....	58
	MARCO METODOLOGICO.....	58
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	58
3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	58
	MATERIALES	58

3.3.	MÉTODOS Y TÉCNICAS	59
3.3.1.	SELECCIÓN DE PARÁMETROS DE CONTROL	61
3.3.2.	TOMA DE MUESTRAS	62
3.3.3.	FRECUENCIAS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS	63
3.3.4.	SELECCIÓN DEL TIPO DE MUESTRA	63
3.3.5.	MEDICIÓN DEL CAUDAL DE ENTRADA.....	63
3.3.6.	MONTAJE EXPERIMENTAL DE LA PLANTA PILOTO	66
3.3.7.	CARGA ORGANICA DE DISEÑO	69
3.3.8.	DOSIFICADOR DE CAUDAL	69
3.6.	PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN	72
3.6.1.	PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	78
3.6.2.	PERIODO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	79
	CAPÍTULO IV	80
	RESULTADOS	80
4.1.	RESULTADOS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES	80
4.1.1.	REGISTRO DEL AGUA RESIDUAL DOMESTICO QUE INGRESA A LA PLANTA PILOTO.	80
4.1.2.	REGISTRO DE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO EN EL AFLUENTE Y EFLUENTE DEL FILTRO INTERMITENTE.	80
4.1.3.	REGISTRO DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO EN EL AFLUENTE Y EFLUENTE DEL FILTRO INTERMITENTE.	82
4.1.4.	REGISTRO DE SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION EN EL AFLUENTE Y EFLUENTE DEL FILTRO INTERMITENTE.....	83
4.1.5.	REGISTRO DE NITROGENO TOTAL EN EL AFLUENTE Y EFLUENTE DEL FILTRO INTERMITENTE.	85
4.1.6.	REGISTRO DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES EN EL AFLUENTE Y EFLUENTE DEL FILTRO INTERMITENTE.....	87

4.1.7. REGISTRO DE OXIGENO DISUELTO EN EL AFLUENTE Y EFLUENTE DEL FILTRO INTERMITENTE.	88
4.1.8. REGISTRO DEL POTENCIAL HIDROGENO EN EL AFLUENTE Y EFLUENTE DEL FILTRO INTERMITENTE.	90
4.2. INDICE DE BIODEGRABILIDAD	91
4.2.1. INDICE DE BIODEGRABILIDAD DEL AFLUENTE:.....	91
4.2.2. INDICE DE BIODEGRABILIDAD DEL EFLUENTE.....	92
4.3. EFICIENCIA DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO (PROPUESTO).....	93
4.3.1. EFICIENCIA DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO EN LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA, DBO5.....	95
4.3.2. EFICIENCIA DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO EN LA REMOCIÓN DE DQO.	95
4.3.3. EFICIENCIA DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO EN LA REMOCIÓN DE SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION.	96
4.3.4. EFICIENCIA DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO EN LA REMOCIÓN DE NITROGENO TOTAL.	97
4.3.5. EFICIENCIA DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO EN LA REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES O TERMOTOLERANTES.....	97
4.3.6. EFICIENCIA DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO EN EL INCREMENTO DE OXIGENO DISULETO	98
4.4. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	99
4.4.1. COMPONENTES DEL SISTEMA	99
4.4.2. LABORES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	100
4.4.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SALUD	102
CAPITULO V	104
DISCUSIÓN	104

5.1. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO	104
5.2. EFICIENCIA DEL FILTRO INTERMITENTE DE GRAVA.....	105
5.3. CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE FILTRO INTERMITENTE DE GRAVA	106
CAPÍTULO VI	108
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	108
6.1. CONCLUSIONES.....	108
6.2. RECOMENDACIONES.....	110
CAPITULO VII	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112
 ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Tanque Séptico.....	42
Figura N° 2: Corte Transversal del Biodigestor.	49
Figura N° 3: REACTOR DHS G2 – TIPO CORTINA	52
Figura N° 4: Esquema General de la Tesis.....	60
Figura N° 5: Puntos de Muestreo.....	62
Figura N° 6: Curva de Caudales.	64
Figura N° 7: Dimensiones del Filtro - Planta	67
Figura N° 8: Dimensiones del Filtro - Elevación	68
Figura N° 9: Dosificador de Caudal	70
Figura N° 10: Sistemas del Prototipo	71
Figura N° 11: Concentración de DBO en cada uno de los muestreos.	81
Figura N° 12: Concentración de DQO en cada uno de los Muestreos	83
Figura N° 13: Concentración de Solidos Totales en Suspensión	84
Figura N° 14: Concentración de Nitrógeno Total.....	86
Figura N° 15: Concentración de Coliformes.....	88
Figura N° 16: Concentración de Oxígeno Disuelto	89
Figura N° 17: Concentración de pH.....	90
Figura N° 18: Índice de Biodegradabilidad del Afluyente.	92
Figura N° 19: Índice de Biodegradabilidad del Efluente.	93
Figura N° 20: Eficiencia de Remoción del Filtro Intermitente	94
Figura N° 21: Eficiencia de Remoción de DBO	95
Figura N° 22: Eficiencia de Remoción de DQO.....	95

Figura N° 23: Eficiencia de la Remoción de Solidos Totales EN Suspensión.....	96
Figura N° 24: Eficiencia de la Remoción de Nitrógeno Total.	97
Figura N° 25: Eficiencia de la Remoción de Coliformes.	97
Figura N° 26: Eficiencia en el aumento de Oxígeno Disuelto.	98

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1: Contaminantes de importancia en el tratamiento de agua residual.	16
Cuadro N° 2: Composición típica del agua residual doméstica.	19
Cuadro N° 3: Niveles de eliminación de contaminantes (%) según el tipo de tratamiento.	21
Cuadro N° 4: Eficiencia de los procesos de tratamiento de aguas residuales (%).	22
Cuadro N° 5: Opciones de procesos de tratamiento de aguas residuales.	23
Cuadro N° 6: Objetivo de los procesos de pre tratamiento.	27
Cuadro N° 7: Clasificación del tipo de tratamiento secundario.	31
Cuadro N° 8: Procesos de Tratamiento Avanzado y Eficiencia Remocional.	33
Cuadro N° 9: Límites Máximos Permisibles para Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas.	43
Cuadro N° 10: opciones de tratamiento de aguas residuales no conectadas a una red de alcantarillado sanitario.	47
Cuadro N° 11: Mecanismo de Remoción	51
Cuadro N° 12: Selección de Parámetros de Control.	61
Cuadro N° 13: Selección de Parámetros de Control	61
Cuadro N° 14: Aforo Volumétrico	64
Cuadro N° 15: Diseño para Recolección de Datos	71
Cuadro N° 16: Parámetros a Analizar en el Laboratorio.	79
Cuadro N° 17: Periodos del Proyecto de Investigación	79
Cuadro N° 18: Características de Agua Residual.	80
Cuadro N° 19: Resultados del Análisis de DBO a la Entrada y Salida del Filtro.	80
Cuadro N° 20: Resultados del Análisis de DBO a la Entrada y Salida del Filtro.	82

Cuadro N° 21: Resultados del Análisis de los Sólidos Totales en Suspensión.....	83
Cuadro N° 22: Resultados del Análisis de Nitrógeno Total.	85
Cuadro N° 23: Resultados del Analisis de Coliformes.	87
Cuadro N° 24: Resultados del Análisis de OD.	88
Cuadro N° 25: Resultados del Análisis del pH.	90
Cuadro N° 26: Índice de Biodegradabilidad a la entrada del Filtro Intermitente de Grava.	91
Cuadro N° 27: Índice de Biodegradabilidad a la Salida del Filtro Intermitente de grava.	92
Cuadro N° 28: Eficiencia de la Unidad de Tratamiento.	93
Cuadro N° 29: Mantenimiento del Sistema.	101
Cuadro N° 30: Parámetros de Diseño.	108
Cuadro N° 31: Eficiencia del Filtro Intermitente de Grava comparado con LMP.	109

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía N° 1: Esquema General de la Tesis.....	60
Fotografía N° 2: Puntos de Muestreo	62
Fotografía N° 3: Filtro Intermitente	68
Fotografía N° 4: Toma de Muestra del Efluente del Filtro de Grava.....	78

RESUMEN

El crecimiento urbano genera problemas de contaminación ambiental principalmente en el manejo de las aguas residuales; para afrontar este problema se presenta una diversidad de tecnologías de tratamiento para aguas residuales las cuales involucran costos elevados en cuanto a operación y mantenimiento.

En zonas donde no existe el alcantarillado sanitario estos tipos de tratamiento no se ven, cuyas aguas residuales son vertidos a cuerpos de agua y terrenos de cultivo, contaminando el suelo y el agua, generando focos infecciosos, es por ello que se propone una tecnología de tratamiento de aguas residuales domesticas la cual comprende de un Biodigestor un dosificador de caudal y el filtro intermitente de grava de $\frac{1}{4}$ ", dicho filtro trabaja como un tratamiento secundario. Para lo cual se inició con el diseño de la planta piloto, el caudal de diseño es de $Q_m = 0.43075 \text{ m}^3/\text{día}$, el área efectiva que ocupara el filtro intermitente es de $A = 3.5 \text{ m}^2$, siendo las dimensiones de largo $L = 1.75 \text{ m}$ y el ancho = 1.75m , la profundidad efectiva que tendrá el filtro será de 0.5 m . el número de ramales en el filtro intermitente es de 4 und; se construyó un dosificador de caudal con tubería pvc sal de 3" de diámetro y con una longitud de 0.25 m . la cual tendrá un volumen de almacenamiento de 0.00114 m^3 por descarga.

Se realizó una toma de muestras puntuales a la salida del biodigestor y a la salida del filtro intermitente.

Los resultados que se obtuvieron son: para la demanda bioquímica de oxígeno DBO promedio que resulto a la salida del Filtro intermitente; es de 57.40 mg/l , resultando al final una Eficiencia de remoción promedio de 61.29% , lo cual demuestra una buena remoción de DBO. El resultado de la demanda química de oxígeno DQO promedio que resulto a la salida del Filtro Intermitente es de 70.20 mg/l , resultando al final una Eficiencia de remoción promedio de 69.98% , lo cual demuestra una buena remoción de DQO. El resultado promedio de Solidos Totales en Suspensión que resulto a la salida del Filtro Intermitente es de 28.20 mg/l , por lo que resulto una Eficiencia de remoción promedio total de 35.48% , El resultado promedio de Nitrógeno Total a la

salida del Filtro Intermitente es de 30.00 mg/l, por lo que resulto una Eficiencia de remoción promedio en total de 35.48 %, El resultado promedio de los Coliformes Termotolerantes que resulto a la salida del Filtro Intermitente es de 12040 NMP/100ml, por lo que resulto una Eficiencia de remoción promedio total de 80.34%, El resultado promedio del Oxígeno Disuelto que resulto a la salida del Filtro Intermitente es de 3.78 mg/l, por lo que resulto una **eficiencia** de remoción promedio total de 59.16%. y el resultado promedio del pH 7.67.

El filtro intermitente de grava de ¼” es eficiente ya que superan los límites máximos permisibles para efluentes de plantas de tratamiento. Cabe señalar que el tipo de agua a tratar fue un agua residual de tipo doméstico

Entre las principales ventajas del sistema Filtro intermitente de Grava se encuentra su estructura simple y compacta, alto grado de remoción de agentes patógenos, además presenta una baja producción de lodos y una nula demanda de energía, ya que no requiere de aireación artificial. Por último; el sistema requiere de menos operación y mantenimiento, en comparación a otros sistemas de tratamiento secundario.

Palabras Claves: Filtro Intermitente de Grava sin recirculación, Eficiencia.

ABSTRACT

Urban growth generates problems of environmental pollution mainly in the management of wastewater; To address this problem, a variety of treatment technologies for wastewater are presented, which involve high costs in terms of operation and maintenance.

In areas where sanitary sewage does not exist these types of treatment are not seen, whose waters are discharged into bodies of water and agricultural land, contaminating the soil and water, generating infectious foci, that is why a treatment technology is proposed. domestic sewage which buy from Biodigestor a flow meter and intermittent $\frac{1}{4}$ "gravel filter, said filter works as a secondary treatment. For which began with the design of the pilot plant, the design flow is $Q_m = 0.43075 \text{ m}^3 / \text{day}$, the effective area occupied by the intermittent filter is $A = 3.5 \text{ m}^2$, with the dimensions of length $L = 1.75 \text{ m}$ the width = 1.75m , the effective depth that the filter will have will be 0.5m . the number of branches in the intermittent filter is 4 und; a flow meter with 3 "diameter pvc salt pipe and a length of 0.25 m was built. which will have a storage volume of 0.00114 m^3 per download.

A point sample was taken at the outlet of the biodigester and at the outlet of the intermittent filter.

The results obtained are: for the average BOD oxygen biochemical demand that resulted from the intermittent filter output; is 57.40 mg / l , resulting in an average removal efficiency of 61.29% , which demonstrates a good BOD removal. The result of the average chemical COD oxygen demand resulting from the output of the Intermittent Filter is 70.20 mg / l , resulting in an average removal efficiency of 69.98% , which demonstrates a good COD removal. The average result of Total Solids in Suspension that resulted from the output of the Intermittent Filter is 28.20 mg / l , resulting in a total average removal efficiency of 35.48% . The average result of Total Nitrogen at the output of the Intermittent Filter is of 30.00 mg / l , resulting in a total removal efficiency of 35.48% . The average result of the thermotolerant coliforms that resulted from the output of the intermittent filter is $12040 \text{ NMP / 100ml}$, resulting in an efficiency of total

average removal of 80.34%, The average result of Dissolved Oxygen that resulted from the output of the Intermittent Filter is 3.78 mg / l, resulting in a total average removal efficiency of 59.16%. and the average result of pH 7.67.

The ¼ "intermittent gravel filter is efficient as it exceeds the maximum permissible limits for effluents from treatment plants. It should be noted that the type of water to be treated was domestic wastewater.

Among the main advantages of the Intermittent Gravel Filter system is its simple and compact structure, high degree of removal of pathogens, it also has a low production of sludge and no energy demand, since it does not require artificial aeration. By last; the system requires less operation and maintenance, compared to other secondary treatment systems.

Key Words: Intermittent Gravel Filter without recirculation, Efficiency.

CAPÍTULO I

INTRODUCCION

El crecimiento urbano genera problemas de contaminación ambiental principalmente en el manejo de las aguas residuales; para afrontar este problema se presenta una diversidad de tecnologías de tratamiento para aguas residuales las cuales involucran costos elevados en cuanto a operación y mantenimiento.

En zonas donde no existe el alcantarillado sanitario estos tipos de tratamiento no se ven, cuyas aguas son vertidos a cuerpos de agua y terrenos de cultivo, contaminando el suelo y el agua, generando focos infecciosos, es por ello se propone una tecnología de tratamiento de aguas residuales domesticas la cual comprende de un Biodigestor y un filtro intermitente de grava sin recirculación cuyo objetivo de la tesis es el filtro, se aplicaran conocimientos adquiridos en todo los ciclos de la carrera de ingeniería sanitaria se procederá a diseñar el sistema la cual comprende de un Biodigestor un dosificador de caudal y el filtro intermitente de grava de 6 mm. El filtro trabaja como tratamiento secundario a la salida de un Biodigestor anaerobio, sin utilizar energía mecánica o eléctrica para funcionar, requiriendo pocas labores de operación y mantenimiento. Una vez diseñado el sistema se procederá a construir y evaluar la eficiencia de la tecnología planteada, los resultados obtenidos se analizarán y reportarán en la tesis.

La investigación se llevó a cabo realizando un montaje en una vivienda unifamiliar a escala piloto en una vivienda de la ciudad de Huaraz. Además, se realizó la medición de diversos parámetros de los Límites Máximos Permisibles (LMP); como la demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), solidos suspendidos totales (SST), coliformes fecales (CF), Temperatura (T) en el punto de muestreo y pH en el punto de muestreo.

A partir de los resultados obtenidos de esta investigación, se logrará validar la eficiencia en la remoción de diversos indicadores de contaminación mediante el Filtro intermitente y concluir sobre criterios de diseño basados en la experimentación real aplicada a las aguas residuales en el Perú.

Dando inicio al periodo de investigación el día 20 de julio del 2018; al periodo de puesta en marcha, el día 21 de agosto del mismo año; y al periodo de evaluación o de monitoreo, el día 22 de agosto del 2018, por un periodo de duración de 18 semanas.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar la eficiencia de un filtro intermitente de grava sin recirculación posteriormente a un tratamiento primario para una vivienda de seis personas, empleando grava de un cuarto de pulgada como medio filtrante.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diseñar y construir un filtro intermitente de grava $\frac{1}{4}$ " para tratamiento secundario de agua residual doméstica.
- Realizar la medición de parámetros de DBO5, DQO, OD, NT, SST Y CT en el afluente.
- Realizar la medición de parámetros de DBO5, DQO, OD, NT, SST Y CT, en el efluente del filtro y determinar la eficiencia de remoción de estos parámetros.
- Evaluar la eficiencia del sistema de filtración.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

El crecimiento poblacional genera un incremento de la evacuación de aguas residuales domésticas, lo que conlleva a la búsqueda de nuevas tecnologías para el tratamiento de las aguas residuales domésticas a nivel nacional, lo cual constituye un factor importante para la salud pública y el medio ambiente.

Desde la aparición de la especie humana sobre la tierra hubo interacciones con el ambiente físico y biótico que lo rodea resultando modificaciones del mismo, las cuales eran insignificantes en tanto que vivía en grupos muy pequeños y como recolector de frutos pero que comenzaron a tener impactos más drásticos cuando descubrió el fuego y comenzó las prácticas agrícolas. Este hito en la historia de la humanidad marcó el inicio de los conglomerados humanos que crecieron y por ende sus necesidades de cuestiones vitales como el agua y la tierra. Con el correr del tiempo las modificaciones ambientales han sido aceleradas y magnificadas debido al crecimiento demográfico. El recurso agua no escapó a estos impactos y su calidad desmejoró, sobre todo en las zonas densamente habitadas e industrializadas, aunque también las zonas rurales donde la actividad agrícola es alta pueden encontrarse el problema de las aguas utilizadas para riego con el problema de la salinidad y la presencia de fertilizantes y plaguicidas en sus efluentes.

Para sobreponerse al impacto negativo de los efluentes líquidos, producto de las actividades antrópicas, fueron desarrollados sistemas de tratamiento que respondían a las exigencias de las comunidades y de los gobiernos. Hoy en día existe mayor conciencia en torno a la preservación del ambiente y las presiones para cumplir las regulaciones que intentan

prevenir y controlar los efectos negativos sobre nuestros cuerpos de agua son cada vez más fuertes. Por todo ello, existe un fuerte desarrollo de una gran variedad de tratamientos de los líquidos residuales.

Indefectiblemente las pequeñas comunidades, sobre todo las rurales, por su propia localización geográfica, presentan una problemática específica que dificulta la provisión de los servicios de saneamiento y tratamiento de aguas residuales. Con frecuencia, las plantas de tratamiento en el ámbito rural presentan unos costos de explotación y mantenimiento difícilmente asumibles por estas poblaciones; en las que en general, los recursos técnicos y económicos son muy limitados (OPS/CEPIS 2005).

En el Perú, en los últimos años se ha realizado un esfuerzo importante por atender a la población rural; sin embargo, estos no son suficientes por la gran cantidad de retos que enfrenta este grupo poblacional. Cambios más importantes para el ámbito rural han sido la creación de Áreas Técnicas Municipales (ATM) y la exploración de tecnologías para intervenir sobre el ámbito rural disperso. De esta forma se abrió la posibilidad de estudiar otras tecnologías apropiadas, el reto más importante para el logro de encontrar mejores soluciones. (AC Pública S.A.C. y APOYO Consultoría S.A.C. 2016)

En zonas donde las condiciones particulares de un emplazamiento que pueden coartar el uso de sistemas convencionales de fosa sépticas y sistemas de infiltración incluyen la existencia de una capa de suelo poco profunda, velocidades de percolación lentas o rápidas, nivel freático alto, pendientes muy pronunciadas y limitación de área El problema reside que el efluente parcialmente tratado alcance la superficie del terreno o inclusive las aguas subterráneas, es necesario tratarlo con un filtro antes de su evacuación En varias comunidades se ha utilizado el riego por goteo con efluente así tratado, hay que hacer mención que debido a esta tendencia los dispositivos de goteo producen olores, por lo que el efluente

de las fosas sépticas no es apto para esa aplicación. Los filtros intermitentes, son capaces de manejar flujos variables de aguas residuales, los componentes que componen este tipo de tratamiento es: una fosa séptica o un biodigestor, filtro intermitente (en función del material granular), una red de distribución (para distribuir el efluente a través del filtro) y cuerpo receptor o pozos de percolación.

1.2.2. FORMULACION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cuando se emplean sistemas de tratamiento que requieren el uso de energía eléctrica, estos son abandonados por los costos de operación y mantenimiento. Es por ello que se emplean los sistemas de filtración por gravedad cuyas configuraciones varían de acuerdo al diseño y a los materiales que se dispongan para el tratamiento de los afluentes.

Es importante señalar que el estado peruano se encuentra en una zona geográficamente variada rodeado de montañas valles y quebradas ríos, lagos y lagunas, en donde es fácil encontrar diferentes canteras de agregados, la cual facilita su obtención en el mercado, pudiéndolo utilizar como medio filtrante.

Debido a esto, es necesario analizar la eficiencia en la remoción de DBO5, DQO y SST a la salida de un tratamiento primario. Es por ello que, surge la idea de evaluar el uso de un filtro intermitente con un lecho filtrante de grava de un cuarto de pulgada de diámetro Por otra parte es común el tratamiento de aguas residuales domésticas solamente con fosas sépticas o biodigestores. Esto no es suficiente ya que el efluente de una unidad de este tipo no llega a tener la calidad adecuada para poder ser descargada a cuerpos de agua. Si el filtro propuesto obtiene eficiencias aceptables, será una alternativa para tratamiento de efluentes de fosas sépticas y/o biodigestores.

Por lo anterior, se plantea el siguiente problema de investigación:

¿Será eficiente un filtro intermitente de grava sin recirculación en planta piloto acondicionada en una vivienda de la ciudad de Huaraz?

1.2.3. JUSTIFICACION

Diariamente aumenta la escasez hídrica mientras que la población aumenta en gran escala, así como también la necesidad de supervivencia que se necesita el recurso indispensable que es el agua; las aguas residuales domesticas se incrementan cada día y es de gran preocupación el que hacer con tanta contaminación de los cuerpos receptores, e allí nuestra obligación como ingenieros sanitarios plantear nuevos sistemas eficientes y económicos para tratar las aguas residuales.

La presencia de contaminantes patógenos biológicos en aguas residuales provenientes de un tanque séptico no cumple con los estándares de calidad ambiental entonces si optamos por nuevas tecnologías que son más eficientes en el tratamiento de las aguas residuales.

Es por ello que es necesario dar un tratamiento complementario al efluente, con el propósito de mejorar la calidad, reducir los riesgos de contaminación y daños a la salud pública.

El sistema de Flujo Intermitente de Grava a escala piloto nos permitirá desarrollar métodos y metodologías nuevas y adecuadas durante la recolección y análisis de datos, así mismo, evaluar las ventajas y desventajas, así como también la eficiencia de tratamiento.

a) Justificación Ambiental

Al realizar el tratamiento de las aguas residuales de rigen doméstico, por medio del filtro intermitente de grava de $\frac{1}{4}$ ", se mejorará la calidad de vida de la población sin alterar la flora y fauna del lugar.

b) Justificación Social

En la actualidad los tratamientos de aguas residuales son procesos muy complejos para obtener la calidad de efluente estipulado en los Límites Máximos Permisibles, es por ello que se implementa este tipo de tratamiento por medio del filtro intermitente de grava de $\frac{1}{4}$ ", este tratamiento es de gran apoyo a las poblaciones de las zonas rurales que no cuentan con un sistema de alcantarillado sanitario.

c) Justificación Económica

el tratamiento de las aguas residuales de rigen doméstico, por medio del filtro intermitente de grava de $\frac{1}{4}$ ", es una alternativa de bajo costo para la obtención de un efluente de buena calidad y a bajo costo de producción.

1.3. HIPOTESIS GENERAL

“Es eficiente un filtro intermitente de grava sin recirculación en planta piloto acondicionada en una vivienda de la ciudad de Huaraz.”

1.2.1. VARIABLES

La presente tesis pretende explicar pre experimentalmente y en función a teoría la hipótesis planteada, las variables e indicadores han sido clasificadas en el siguiente orden:

a) VARIABLES INDEPENDIENTES

- Filtro intermitente de grava de $\frac{1}{4}$ ".

b) VARIABLES PENDIENTES:

- Eficiencia del filtro intermitente de grava $\frac{1}{4}$ ".

1.2.2. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Hipótesis	Tipo de variable	Definición gramática	Definición operacional	Indicadores	Descripción de la variable	Unidad de medida	Método
Es eficiente un filtro intermitente de grava sin recirculación en planta piloto acondicionada en una vivienda de la ciudad de Huaraz.”	Independiente	Unidad donde se filtra las aguas residuales	Construir un filtro de caudal intermitente	Remoción de contaminantes	se controlará en el laboratorio	mg/l	Análisis Físico
	Filtro intermitente de grava.						
	diámetro del filtro	tamaño de las partículas del medio filtrante	realizar una selección de partículas para un apropiado filtrado de AA.RR.	grava de 1/4"	se controlará en el laboratorio	Pulg	Tamizaje
	Dependiente	La totalidad de las características físicas, químicas y biológicas del agua residual.	Análisis de los parámetros biológicos y físico-químicos	Medición de CF, DBO5, DQO, OD. pH, NT Y SST.	Remoción de CF.	UFC/ml	Análisis Microbiológico
	Eficiencia del filtro intermitente de grava.				Remoción de DBO5	mg/l DBO5	Análisis Bioquímico
					Remoción de DQO	mg/l DQO	Análisis Bioquímico
					Incremento del OD	mg/l	Análisis Físico
					Remoción de SST	mg/l	Análisis de Nutrientes
Remoción de NT					mg/l N	Análisis Físicoquímico	
Neutralizar el pH		Unid. ph	Análisis Físico				

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICOS

La Filtración en un medio granulares es la forma más económica y eficiente de tratar las aguas residuales de tipo doméstico. Por parte de la Escuela académico profesional de Ingeniería Sanitaria, existen varias investigaciones relacionadas al proceso de filtración del agua residual. Muchos de estos estudios son evaluaciones y construcciones de filtros percoladores con diferentes medios filtrantes, para estudiar la remoción de diversos parámetros tanto físicos como químicos.

Meza (2018), **PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE FILTRO INTERMITENTE DE ARENA PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA AM POWER.** dice que La investigación propone tratar los efluentes domésticos mediante el Filtro Intermitente de Arena para lograr un nivel de tratamiento que cumpla el Estándar de Calidad Ambiental aplicable al reusó para riego de áreas verdes y carretera, logrando de esta manera reducir su descarga al ambiente. Asimismo, remover la concentración de contaminantes microbiológicos y parasitológicos, para prevenir enfermedades en los trabajadores La investigación inicia con la recolección y análisis de datos, posteriormente en la etapa de diseño procesa estos datos y se calculó las dimensiones; de acuerdo a eso el estudio se definió como una metodología Mixta (Cualitativa Cuantitativa). Como resultados de la investigación el Filtro Intermitente de Arena, remueve los contaminantes (DBO5, Solidos Suspendidos, Nitrógeno Total, Fosforo Total, Coliformes Fecales) obteniendo la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5): Logra una remoción de 96.15%, obteniendo una concentración final de 10 g/m³, por debajo de los 15 g/m³ que establece el Estándar de Calidad Ambiental para agua para riego. • Coliformes Fecales: Logra una remoción de 99.99%, obteniendo una concentración final de 100 NMP/100 ml, por debajo de los 1000 NMP/100 ml que

establece el Estándar de Calidad Ambiental para agua para riego. Se obtiene un efluente para el reúso en riego, el principal parámetro a remover son los Coliformes Totales ya que dicho parámetro es un indicador de posibles contagios de enfermedades. Finalmente, el 60% del efluente tratado será reusado en el riego de áreas verdes y carreteras de acceso. Se concluye que el sistema de tratamiento propuesto es adecuado para la degradación de los contaminantes presentes en las aguas residuales domésticas, asimismo el suelo presenta una adecuada permeabilidad para la infiltración de los efluentes previamente tratados el efluente tratado reúne las condiciones para ser aprovechado

Según Toapanta (2018), **ANÁLISIS DE GRAVA COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA LAVADORA Y TINTURADORA DE JEANS DAYANTEX, UBICADA EN EL CANTÓN PELILEO, PROVINCIA TUNGURAHUA**, dicen que El presente trabajo experimental tiene como finalidad, evaluar la eficiencia de la grava como material filtrante, para un efluente que vierte la Lavadora y Tinturadora de jeans "DAYANTEX". Se realizó un seguimiento durante cuatro semanas en donde se recolectó y se analizó 2 muestras cada cuatro días una antes de la filtración y otra posterior a la misma, los parámetros estudiados fueron: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) y Color; para conocer la eficiencia de la grava. Para lo cual se utilizó una estructura metálica para que soporte un tanque con el efluente; se realizó una conexión desde la base del tanque de almacenamiento hasta la flauta de distribución por goteo, para que de esta forma el agua se distribuya sobre toda el área del material filtrante. Además, se calculó el volumen real que ocupa la industria y el volumen de agua que se va a filtrar, durante el tiempo estimado. Con la base de datos, se realizó los análisis y cálculos de la eficiencia de remoción de los contaminantes del agua residual, obteniendo así que los valores máximos de remoción son los siguientes: DQO= 74.47%, DBO5= 74.43%, Color= 51.72% de eficiencia, lo cual permite determinar que la grava ayuda a obtener una reducción considerable en los parámetros tratados. Es así que con este estudio se asegura que la grava puede

descontaminar un efluente de una Lavadora y Tinturadora de jeans, manteniendo una óptima eficiencia.

Vásconez (2018) **ANÁLISIS DE LA PIEDRA PÓMEZ COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL CENTRO DE FAENAMIENTO OCAÑA DEL CANTÓN QUERO**, menciona que En el diseño del filtro se utilizó 35 lt de piedra pómez como elemento filtrante, la cual se tamizó, obteniendo un tamaño de partículas entre 9.5-12.7mm. El material filtrante se colocó dentro de un recipiente plástico de dimensiones 570x420x340mm. El Biofiltro es abastecido por un tanque de PVC con capacidad para 55gal, el mismo que descansa sobre una estructura metálica. A una altura de 15cm desde la base del tanque, sale una tubería de PVC de diámetro ½”, la cual recorre en sentido horizontal 0.60m y en sentido vertical 1m, unido al extremo de la tubería descansa un aparato que permite distribuir el agua residual por todo el filtro, con un caudal de salida de 0.105lt/min. El biofiltro se instaló en el camal y estuvo en funcionamiento durante tres meses, en los cuales, se tomó nueve muestras de agua residual filtrada, y una muestra de agua cruda para ser estudiadas. Se realizó análisis de los siguientes parámetros: Demanda química de oxígeno (DQO), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5) y Sólidos Totales, ya que son los indicadores más representativos para conocer la calidad de este tipo de aguas residuales. El estudio físico-químico de las muestras se lo efectuó en el Laboratorio de Control de Calidad de la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado de Ambato EP-EMAPA. Los resultados obtenidos se los compararon con los límites de descarga al sistema de alcantarillado público, establecidos en la Tabla 9, del Acuerdo Ministerial No 28 del Ministerio del Ambiente del Ecuador. Luego de monitorearse las características de biodegradabilidad del agua residual, se determinó que el filtro permite disminuir los contaminantes presentes en el agua. La mejor eficiencia de la DBO5 es de 60.68% observada en la semana 4, la DQO es de 59.21% en la semana 10, la de Sólidos totales de 44.30% en la semana 4.

Ramírez (2003). **“EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE LA PLANTA PILOTO DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DEL BARRIO EL CANGREJAL, MUNICIPIO DE PUERTO BARRIOS, DEPARTAMENTO DE IZABAL.** Esta es una PTAR con sistema de recirculación. El estudio especial realizado por el Ing. Ramírez, evalúa la eficiencia de la PTAR en la remoción de diversos parámetros, demostrando muy buenos resultados. Siendo la remoción promedio de DBO5 igual a 91,39 %, y de 89,2 % en lo que se refiere a SST. Este estudio se presentó en el 2003, año durante el cual la planta de tratamiento funcionaba adecuadamente, lastimosamente la misma se encuentra abandonada en la actualidad por falta de mantenimiento e interés por las autoridades, por lo tanto, su rendimiento ya no debe ser el mismo (Mario L Ramírez Toledo,2003).

2.2. FUNDAMENTACION DE LA TESIS

2.2.1. FUNDAMENTACION LEGAL

A. REGLAMENTO GENERAL DE GRADOS Y TÍTULOS - Aprobado con Resolución de Consejo Universitario N°309-2009- UNASAM.

CAPITULO IV - DE LOS TÍTULOS PROFESIONALES

Artículo. 14° Se consideran aptos para optar el título Profesional a través de las diferentes modalidades, a todos aquellos egresados que hayan optado el Grado Académico de Bachiller.

Artículo 15° La obtención del título profesional que confiere la universidad a nombre de la Nación exige los siguientes requisitos:

a) Tener el Grado de Bachiller en la especialidad. En el caso de los Bachilleres egresados de otras Universidades Nacionales, estos deben

de presentar el certificado de estudios originales expedido por su Universidad.

b) Adecuarse a una de las siguientes modalidades:

- La presentación, sustentación y aprobación de la tesis ante un jurado.
- Después de ser egresado y haber prestado servicios profesionales durante tres (3) años consecutivos en labores propias de la especialidad, debiendo presentar un trabajo, proyecto o investigación que así lo acredite.
- Aprobar el programa de titulación profesional o de actualización profesional o capacitación programados por la facultad correspondiente. Aprobar el examen de suficiencia profesional.
- Otras modalidades que serán establecidas en el reglamento respectivo.
- Lo establecido en el Texto Procedimientos Administrativos de la Universidad (TUPA); y
- Todos los demás que establezca el Reglamento de Grados y Títulos de cada una de las escuelas profesionales.

Artículo 16° La modalidad optada, por la presentación y aprobación de una tesis se efectuará previa aprobación por el Consejo de Facultad del Plan de Investigación y con la sustentación de un jurado designado por el Consejo de Facultad.

B. MARCO LEGAL EN MATERIA DE AGUAS RESIDUALES

Los asientos legales con la cual inicialmente se dispuso el plan; se presenta la política preliminar de la investigación:

- Constitución Política del Perú (1993). Artículos 66° y 68°.
- Ley General de Salud: Ley N° 26842. Artículos 96° y 104°.

- Ley General del Ambiente: Ley N° 28611. Artículos 29°, 31°, 32°, 120°, 121° y 122°.
- Estándares de Calidad ambiental (ECA) para agua: Decreto Supremo N° 004-2017 MINAM.
- Estándares de Calidad ambiental (ECA) para agua - Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales.
- Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR domesticas o municipales: Decreto Supremo N° 003-2010 MINAM. Artículos 1° y 3°.
- Ley Orgánica de Gobiernos Regionales: Ley N° 27867.
- Ley Orgánica de Municipalidades: Ley N° 27972. Artículos 80° y 141°.
- Ley de creación, organización y funciones del MINAM: Decreto Legislativo N° 1013. Artículos 1°, 3°, 6° y 7°.
- Ley de Recursos Hídricos: Ley N° 29338 (2009). Artículos 5°, 9°, 10°, 11°, 25°, 34°, 44°, 45°, 59°, 73°, 75°, 76°, 79°, 80°, 81°, 82°, 83°, 92°, 120°, 121°, 122°, 125°.
- TUPA MINSA y sus órganos desconcentrados: D.S. N° 013-2009-SA.
- Ley General de servicios de saneamiento: Ley N° 26338. Artículos 4°, 8°, 9° y 10°.
- Reglamento de la ley general de servicios de saneamiento: D.S. N° 09-95-PRES. Artículos 17°, 55° y 56°.

En el siguiente inventario se indican los principales instrumentos legales a los cuales se tuvo que apoyar en este proceso de investigación:

- Decreto Legislativo N° 1280. Decreto Legislativo que aprueba la Ley Marco de la Gestión y Prestación de los Servicios de Saneamiento.

- Decreto Legislativo N° 1284. Decreto Legislativo que crea Fondo de Inversión Agua Segura.
- Decreto Legislativo N° 1285. Decreto Legislativo que modifica el artículo 79 de la Ley 29338, Ley de Recursos Hídricos y Establece Disposiciones para la Adecuación Progresiva a la Autorización de Vertimientos y a los Instrumentos de Gestión Ambiental.

2.3. DEFINICIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS

Se origina principalmente en la vivienda y el comercio, son las aguas residuales de centros urbanos. Las variaciones existentes en la composición de las aguas residuales, están en función de las condiciones socioeconómicas de la población, el clima y otros factores típicos de cada localidad. Generalmente las aguas residuales presentan altas concentraciones de cloruros, sulfatos, nitrógeno, fósforo, sólidos y materia orgánica (Metcalf & Eddy 1995).

Cuadro N° 1: Contaminantes de importancia en el tratamiento de agua residual.

Contaminantes	Razón de la Importancia
Sólidos en Suspensión	Los sólidos en suspensión pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condición anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratar en entorno acuático.
Materia Orgánica Biodegradable	Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos, grasas animales, la materia orgánica biodegradable se mide, en la mayoría de las ocasiones, en función de la DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno). Y de la DQO (Demanda Química de Oxígeno). Si se descargan el entorno sin tratar su estabilización biológica puede llevar al

	agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.
Patógenos	Pueden transmitirse enfermedades contagiosas por medio de los organismos patógenos presentes en el agua residual.
Nutrientes	Tanto el nitrógeno como el fosforo, junto con el carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando se vierten al entorno acuático, estos nutrientes pueden favorecer el crecimiento de una vida acuática no deseada. Cuando se vierten al terreno en cantidades excesivas, también pueden provocar la contaminación del agua subterránea.
Contaminantes Prioritarios	Son compuestos orgánicos o inorgánicos determinados en base a su carcinogenicidad. Mutagenicidad, teratogenicidad o toxicidad aguda conocida o sospechada. Muchos de estos compuestos se hallan presentes en el agua residual.
Materia Orgánica Refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento. Ejemplos típicos son los agentes tensoactivos, que hallan presentes en el agua residual.

Metales Pesados	Los metales pesados son, frecuentemente, añadidos al agua residual en el curso de ciertas actividades comerciales e industriales y puede ser necesario eliminarlos si se pretende reutilizar el agua residual.
Sólidos Inorgánicos Disueltos	Los constituyentes inorgánicos tales como el calcio, sodio y los sulfatos se añaden al agua de suministro como consecuencia del uso del agua y es posible que se puedan eliminar si se va a reutilizar el agua residual.

Fuente: Metcalf & Eddy (1995).

2.3.1. COMPOSICION DE AGUA RESIDUAL DOMESTICA

De la misma manera que en las aguas naturales, se miden principalmente en las aguas residuales las características físicas, químicas y biológicas, para establecer las cargas orgánicas y de sólidos que transportan, determinar efectos del vertimiento a cuerpos de agua y seleccionar las operaciones y procesos del tratamiento que resultarán más eficaces y económicos (Van Haandel y Letinga 1994).

(Van Haandel y Letinga 1994), Sostienen que los constituyentes más importantes de los residuos líquidos confieren al agua residual propiedades físicas, químicas o biológicas indeseables.

Según (Alaerts 1995), la composición del agua residual está determinada por el caudal y por su fuente. Las aguas residuales consisten básicamente en agua, sólidos disueltos y sólidos en suspensión.

Los sólidos son la fracción más pequeña (menos del 0.1% en peso), pero representan el mayor problema a nivel de tratamiento. El agua provee únicamente el volumen y el transporte de los sólidos. (Sterling 1987).

Cuadro N° 2: Composición típica del agua residual doméstica.

CONTAMINANTES	UNIDAD	CONCENTRACION		
		DEBIL	MEDIA	FUERTE
Sólidos Totales (ST)	mg/l	350	720	1200
Disueltos Totales (SDT)	mg/l	250	500	850
Fijos	mg/l	145	300	525
Volátiles	mg/l	105	200	325
Sólidos en Suspensión (SS)	mg/l	100	220	350
Fijos	mg/l	20	55	75
Volátiles	mg/l	80	165	275
Sólidos Sedimentables	mg/l	5	10	20
DBO, 20° C	mg/l	110	220	400
Carbono Orgánico Total (COT)	mg/l	80	160	290
DQO	mg/l	250	500	1000

Nitrógeno (Total en la forma N)	mg/l	20	40	85
Orgánico	mg/l	8	15	35
Amoniaco Libre	mg/l	12	25	50
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo (Total en la forma P)	mg/l	4	8	15
Orgánico	mg/l	1	3	5
Inorgánico	mg/l	3	5	10
Cloruros *	mg/l	30	50	100
Sulfato *	mg/l	20	30	50
Alcalinidad (como CaCO ₃)	mg/l	50	100	200
Grasa	mg/l	50	100	150
Coliformes Totales	Nº/100ml	10 ⁶ - 10 ⁷	10 ⁷ – 10 ⁸	10 ⁷ – 10 ⁹
Compuestos Orgánicos Volátiles	µg/l	<100	100-400	>400

Fuente: Metcalf & Eddy (1995).

Leyenda: los valores deben aumentar en la cantidad que estos compuestos se hallen presentes en las aguas de suministro.

2.4. TECNOLOGIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Se puede indicar que el objetivo del tratamiento de aguas residuales es la “conversión del agua residual proveniente del uso de las aguas de abastecimiento, en un efluente final aceptable a las condiciones del ambiente (estético, organoléptico y de salud pública) y la disposición adecuada de los sólidos (lodos) obtenidos durante el proceso de purificación”.

Por tal motivo, el tratamiento de aguas residuales es importante para volver a utilizar el agua, evitar su contaminación y la del ambiente (especialmente por sus efectos en la producción agropecuaria) y por salud pública (Larios- Meoño, González Taranco y Morales Olivares 2015).

Esta definición deja entrever la necesidad de determinar primeramente la característica de los desechos líquidos crudos y en segundo lugar, preestablecer las características que debe tener el efluente tratado para no afectar el medio ambiente (CEPIS/OPS-OMS 2002).

Por ello, los esfuerzos de recolección y el tratamiento de las aguas residuales domésticas o municipales están típicamente sujetos a la normatividad ambiental y cumplimiento de los LMP y el ECA (Gobierno Regional de Junin 2010) cumplir con estas exigencias él es posible encontrar tratamientos de tipo primario, secundario y terciario que resultan de la combinación de procesos y operaciones unitarias, dependiendo de los objetivos que se deseen cumplir. (Red ALFA TECSPAR):

Cuadro N° 3: Niveles de eliminación de contaminantes (%) según el tipo de tratamiento.

Parámetro	Tratamiento Primario	Tratamiento Secundario	Tratamiento Terciario
DBO5	35	90	99.5

DQO	30	80	99.8
Sólidos Suspendidos	60	90	100
Nitrógeno	20	50	99.5
Fosforo	10	30	99.3

Fuente: (Ramalho 1996).

En el cuadro N° 03: Se indican las eficiencias remocionales de los principales procesos de tratamiento de aguas residuales.

En el cuadro N° 04: se resumen las opciones de tratamiento de aguas residuales clasificadas en tratamiento preliminar, primario, secundario y avanzado, complementándose con los aspectos de disposición de aguas residuales y manejo y disposición de lodos.

Cuadro N° 4: Eficiencia de los procesos de tratamiento de aguas residuales (%).

PROCESO	DBO	DQO	Sólidos ST
Tratamiento Preliminar			
Cribado fino	5-10	5-10	2-20
Cloración crudo o sedimentador	15-30	--	--
Tratamiento Primario			
Sedimentación Simple	25-40	20-35	40-70
Precipitación química	50-85	40-70	70-90
Tratamiento Secundario			
Filtro Percoladores	50-95	50-80	50-92
Lodos Activados	55-95	50-80	55-95
Lagunas			
Primaria	75-85	60-70	85-95
Secundarias	90-95	80-70	85-95
Terciaria	85-95	60-70	85-95
Tratamiento Avanzado			
Cloración agua tratadas	-	-	-

Fuente: (Red ALFA TECSPAR s.f.).

Cuadro N° 5: Opciones de procesos de tratamiento de aguas residuales.

Tratamiento Preliminar	Tratamiento Primario		Tratamiento Secundario		Tratamiento Terciario	Descarga	Manejo de Lodos	
	Químico	Físico	Remoción materia orgánica y coloidal	Remoción de sólidos suspendidos			Tratamiento	Disposición Final
Desbaste	Neutralización	Flotación	Lodos Activados	Sedimentación	Coagulación/sedimentación	Cuerpo Receptor	Digestión aeróbica	Incineración
Rejas			Convencional			Río		
Rejillas	Coag/Sedimentación	Sedimentación	Alta Capacidad		Filtración	Lago	Digestión anaeróbica	Relleno
		(T. Imhoff)	Contacto estabiliza			Mar	en una etapa	
Cedazos	Cloración	(Séptico)	Aeración prolongada		Adsorción carbón activado		dos etapas	Acondicionador de suelo
Trituradores	Adición de Nutrientes		Filtración Biológica		Intercambio iónico		Centrifugación	Disposición al mar
			Filtros percoladores			Aplicación en suelo		
Desarenador			Alta tasa		Destilación	Evaporación	Espesamiento	Compost
			Baja tasa			Infiltración		

Separación aceite y grasas			Fase simple		Osmosis Inversa	Evapotranspiración	Filtración al vacío	
			Fase doble					
Homogenización					Electrodialisis		Lavado (elutriacion)	
			Discos Rotatorios					
					Aplicación en suelo		Lagunas	
			Proceso Unox/Linde					
					Cloración u ozonización		Lechos de secado	
			Laguna Estab.					
			Aeróbica					
			Anaeróbica					
			Facultativa					
			Laguna aireada					
			Mezcla completa					

			Airada facultativa					
			Facultativa con aeración mecánica					
			Difusión de aire					
			Anaeróbica					
			Por contacto					
			Filtro anaeróbico		AGUA SALOBRE			
		LODO	RAFA	LODO	LODO			

Fuente: (Red ALFA TECSPAR s.f.).

Las principales etapas, según “Wastewater Engineering: Treatment, Disposal Reuse” (Metcalf & Eddy 1995), son:

2.4.1. TRATAMIENTO PRELIMINAR

El pretratamiento o tratamiento preliminar es un proceso mediante el cual se busca reducir y quitar las partículas sólidas que podrían causar problemas en los procesos físicos o biológicos. Es decir, se trata de descomponer el material en una cantidad y tamaño razonable, esto también involucra la separación de elementos que no son orgánicos. Dentro del pretratamiento se encuentran procedimientos que minimizan la carga sólida antes que entre al tratamiento primario para su mayor eficiencia, es así que se tiene:

➤ **DESBASTE**

Procedimiento que consiste en la separación de partículas de tamaños considerables mediante el uso de rejillas. El tamaño de las partículas separadas es elegido de acuerdo al tipo de tratamiento posterior que se le dará. Se tienen diferentes tamaños entre los cuales se puede señalar como importantes los siguientes (FONAM 2010):

- Desbaste fino: con separación libre entre barrotes de 10 – 25 mm.
- Desbaste grueso: con separación libre entre barrotes de 50-100 mm.

En cuanto a los barrotes, estos han de tener unos espesores mínimos según sea:

- Reja de gruesos: entre 12 – 25 mm.
- Reja de finos: entre 6 – 12 mm.

Además, estas rejillas tienen características de su uso, como la limpieza manual o automática.

➤ **TAMIZADO**

El tamizado es un procedimiento similar al desbaste, pero su calidad de separación de partículas es más minuciosa. Así tenemos dimensiones de orificios de paso del tamiz como (FONAM 2010)

- Macro tamizado. - Se lleva a cabo sobre chapa perforada o enrejado metálico con paso superior a 0.2 mm. Se emplea para retener materias en suspensión, flotantes, semiflotantes, residuos vegetales o animales de tamaño entre 0,2 y varios milímetros.
- Micro tamizado. - Se utiliza como material tela metálica o plástica de malla inferior a 100 micras. Es empleado para eliminar materias en suspensión muy pequeñas contenidas en aguas residuales pre tratadas. En casos especiales, los tamices se incluirán en el pre tratamiento de una estación depuradora.

Cuadro N° 6: Objetivo de los procesos de pre tratamiento.

PROCESO	OBJETIVO
Rejas o tamices	Eliminación de solidos gruesos
Trituradores	Desmenuzamiento de solidos
Desarenadores	Eliminación de arenas y gravilla
Des engrasadores	Eliminación de aceites y grasas
Pre aeración	Control de olor y mejoramiento del comportamiento hidráulico

Fuente: (CEPIS/OPS-OMS 2002).

Los sólidos gruesos, plásticos, ramas y otros elementos que pueden tapar las tuberías o provocar daños en las instalaciones son típicamente removidos mediante barras y un sistema de rejas. Las

rejas pueden incluir más de un tamaño de tamiz, y ser, a su vez, manuales o automáticas.

2.4.2. TRATAMIENTO PRIMARIO

Los sistemas de tratamiento primario son procesos de tipo físico y/o químicos, que tienen como objetivo el tratamiento o sedimentación primaria es la reducción del contenido de sólidos en suspensión (40 al 75%); de la materia orgánica suspendida (20 al 40%) representada como DBO₅ (Diehl S. y Jeppsson U. 1998), así como del 30 al 60% de los organismos coliformes fecales y de huevos de helminto de las aguas residuales sujetas a tratamiento (Gobierno Regional de Junín 2010).

Los Después de haber retirado elementos sólidos de tamaños mayores, el tratamiento primario tiene como objetivo remover los sólidos orgánicos e inorgánicos sedimentables, para disminuir la carga que se tratará biológicamente en el proceso posterior. Los procesos que involucran el tratamiento primario son (FONAM 2010).

➤ SEDIMENTACIÓN

Este proceso depende de los pesos específicos de los sólidos, debido a que determinará su comportamiento. Algunos sólidos que tienen el peso específico mayor que el agua sedimentada pasarán a sedimentarse y las partículas que tiene peso específico menor flotarán.

También se puede encontrar la sedimentación floculenta que consiste en ir generando mayor velocidad en las partículas sólidas que van cayendo a la superficie por aumento de tamaño de las mismas. Este aumento de tamaño se origina generalmente por floculación, es decir por la acción de barrido o por turbulencias que tiene como resultado agrupar material (FONAM 2010).

Finalmente se tiene la sedimentación primaria la cual tiene como objetivo el remover las partículas que son sedimentables.

Según (CEPIS/OPS-OMS 2002), las principales tecnologías para la remoción de sólidos son la sedimentación y la flotación, siendo la flotación que usa aire disuelto la más común (Barañaño D. & Tapia A. 2004); sin embargo, se cuenta también con sistemas tales como: Precipitación química, filtros gruesos, oxidación química y el proceso de coagulación, floculación, sedimentación y filtración.

Cabe señalar que, en el tratamiento primario se pueden encontrar tanques de sedimentación y tanques de flotación, ambos por separado. En el caso del tanque de sedimentación, genera la acumulación de material mediante gravedad, esperando recolectar la mayor cantidad de material sólido residual en el fondo. Para el retiro temporal de los lodos, cada cierto tiempo de mantenimiento, se retira el material mediante equipo de bombeo, el cual también tendrá que ser especificado mediante diseño para no perjudicar los procesos del tanque. Finalmente, el tanque de flotación, como su mismo nombre lo dice, trata de remover los materiales suspendidos, usando el aire como agente de flotación (Metcalf & Eddy 1995).

2.4.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO

El objetivo del tratamiento secundario es la remoción de la materia orgánica disuelta (Gaudy AFJ y Gaudy ET 1971), típicamente medida como la fracción soluble de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO). Esta etapa del tratamiento es muchas veces vista como la principal de una planta de tratamiento, y la que define como 'biológico' a aquellos procesos que utilizan organismos biológicos para la remoción de la materia orgánica (Barañaño D. y Tapia A. 2004). A continuación (Gobierno Regional de Junín

2010); se presenta la lista de los principales objetivos del tratamiento secundario o tratamiento biológico.

- Remover la materia orgánica, representada por la DBO₅, del 75 al 98% de remoción.
- Remover los sólidos suspendidos totales (SST) con remociones del 75 al 98%.
- Remover microorganismos patógenos y parásitos (>99%).
- Remover o reducir el contenido de nutrientes.
- Alcanzar la estabilización (digestión) de los sólidos volátiles de las aguas residuales.
- Aprovechamiento de los subproductos como biogás.

El tratamiento secundario puede ser de naturaleza aeróbica o anaeróbica. Dentro de las diferencias está la generación de metabolitos finales, las necesidades de oxígeno y la cantidad de biomasa producida, debido a las características de las bacterias de cada sistema. Por ejemplo, la productividad de la biomasa en condiciones aeróbicas es de 60% más que la de un sistema anaeróbico. (Red ALFA TECSPAR s.f.)

Los procesos biológicos más utilizados son los lodos activados y filtros percoladores. Son muchas las modificaciones de estos procesos que se utilizan para hacer frente a los requerimientos específicos de cada tratamiento. Los tratamientos biológicos de esta categoría tienen una eficiencia remocional de la DBO entre el 85% al 95% (MVCS 2012); y están compuestos tal como se muestra en el cuadro N° 1.4.

Cuadro N° 7: Clasificación del tipo de tratamiento secundario.

Filtración biológica	Lodos activados	Lagunas	Otros
<p>- Baja capacidad (filtros clásicos)</p> <p>- Alta capacidad: <i>Filtros comunes</i> <i>Biofiltros</i> <i>Aero-filtros</i> <i>Accelo-filtros</i></p>	<p>- Convencional</p> <p>- Alta capacidad</p> <p>- Contacto estabilización</p> <p>- Aeración prolongada</p>	<p>- Estabilización: <i>Aerobia</i> <i>Facultativa</i> <i>Maduración</i></p> <p>- Aerada: <i>Mezcla completa</i> <i>Aerada facultativa</i> <i>Facultativa con aeración mecánica</i> <i>Difusión de aire</i></p>	<p>- Anaeróbicos: <i>Contacto Filtro anaerobio</i> <i>Reactor anaeróbico de flujo ascendente</i></p> <p>- Oxígeno puro: <i>Unox / linde</i></p> <p>- Discos rotatorios</p>

Fuente: (MVCS 2012).

➤ **FILTROS PERCOLADORES**

Según (Metcalf & Eddy 1995), el primer filtro percolador se puso en operación en Inglaterra en 1893. La idea nació del uso de estanques impermeables, donde se adicionaba una capa de piedra machacada. Después de esto, se vertían las aguas residuales por la parte superior, generando que se tenga contacto con el ambiente por cierto tiempo. Luego se dejaba drenar y se dejaba en reposo antes de empezar nuevamente con el proceso. La duración de los ciclos se estimaba en 12 horas, de las cuales 6 horas se empleaba para poner el material en contacto con la atmósfera (Metcalf & Eddy 1995).

El filtro percolador actual consiste en un lecho constituido por un medio permeable, donde los microorganismos se adhieren y a través del cual percola el agua residual (Metcalf & Eddy 1995). El medio filtrante puede estar compuesto por piedras o diferentes materiales plásticos. Es muy usado el filtro de piedra el cual tiene forma circular y reparte el agua residual mediante el distribuidor rotatorio.

Los filtros constan de un drenaje inferior que recolecta el agua tratada. El agua tratada pasa a un tanque sedimentador, donde se genera la separación de algunos materiales sólidos restantes. Finalmente, el agua tratada pasa a ser reutilizada, mientras que los sólidos sedimentados logran generar una película biológica, la cual servirá para minimizar la carga biológica y maximizar la reducción de lodo (Metcalf & Eddy 1995).

2.4.4. TRATAMIENTO TERCIARIO

El principal objetivo del tratamiento terciario es llegar a cumplir el estándar de calidad de agua efluente de la planta de tratamiento para no generar contaminación al receptor o ser adecuada para su reutilización, según sea el caso. Muchas veces suele pasar el agua residual del tratamiento secundario con algunos microorganismos patógenos, o agua tratada con mal olor, mal color y con diferentes características con las que no sería adecuado reutilizarse, es por ello que se debe tener un tratamiento final para dar seguridad a las comunidades.

De acuerdo al tipo de reutilización, se debe cumplir con la eliminación de ciertos microorganismos, es así que los tratamientos pueden pasar de los más a menos estrictos. Se pueden utilizar los métodos de cloración, filtros con material apropiado, humedal artificial de flujo subsuperficial,

radiación UV, etc. (Metcalf & Eddy 1995). Los procesos de tratamiento más comunes se indican en el cuadro N° 8

Cuadro N° 8: Procesos de Tratamiento Avanzado y Eficiencia Remocional.

PROCESO	EFICIENCIA REMOCIONAL							
	SS	DBO	DQO	NH3	Norg	NO3	PO4	STD
Arrastre de amoniac				85-98				
Filtración								
Múltiple	80-90	50-70	40-60		20-40			
Diatomea	95-99							
Micro filtro	50-80	40-70	30-60		20-40			
Destilación	99	98-99	95-98		90-98	99	99	95-99
Flotación	60-80				20-30			
Congelación	95-98	95-99	90-99		90-99	99	99	95-99
Aplicación en suelo	95-98	90-98	80-90	60-80	80-95	5-15	60-90	
Osmosis inversa	95-98	95-99	90-95	95-99	95-99	95-99	95-99	95-99
Porción		50	40				99	10
Carbón activado	80-90	70-90	60-75		50-90			
Precipitación química	60-80	75-90	60-70	5-15	60-50		90-95	20
Precip. Química en lodo activado	80-95	90-95	85-90	30-40	30-40	30-40	30-40	10
Intercambio iónico		40-60	30-50	85-98	80-95	80-90	85-98	

Electroquímico	80-90	50-60	40-50	80-85	80-85		80-85	
Electrodialisis				30-50		30-50	30-50	40
Oxidación química		80-90	65-70	50-80				
Reducción						NO ₃ -NH ₃		
Asimilación bacteriana	80-5	75-95	60-80	30-40	30-40	30-40	Oct-20	
Desnitrificación						60-95		
Lagunas		50-75	40-60	50-90	50-90	50-90	50	
Nitrificación - desnitrificación						60-95		

Fuente: (CEPIS/OPS-OMS 2002)

2.4.5. DESINFECCIÓN

El objetivo de la desinfección es remover organismos eventualmente patógenos para el ser humano (Olsson G. y Newell RB. 1999). Como indicador, se utiliza el número de coliformes fecales por 100 ml (Baraño D. y Tapia A. 2004). La reducción de patógenos principalmente se fundamenta en el contenido de bacterias, virus y quistes amebianos en las aguas residuales tratadas, previo a su disposición final.

La desinfección suele realizarse mediante agentes químicos, físicos, mecánicos y radiación. De ellos el más utilizado es la desinfección química con cloro. (CEPIS/OPS-OMS 2002).

2.5. CARACTERISTICAS FISICAS DEL AGUA RESIDUAL

SOLIDOS TOTALES.

Se define el contenido de sólidos totales a la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación de 103 -105 °C. Estas se encuentran en suspensión, coloidales y disueltos.

Se define el contenido de sólidos totales a la materia que se obtiene como residuo después de someter al agua a un proceso de evaporación de 103 -105 °C. Estas se encuentran en suspensión, coloidales y disueltos.

Los sólidos totales se refieren a todos los sólidos presentes en el agua, siendo expresado en concentración de masa de sólidos por unidad de volumen de agua (mg/L). El ensayo para su determinación consiste en calentar una muestra de agua (generalmente de 50mL) a una temperatura de 104°C (con precisión de $\pm 1^\circ\text{C}$) por 24 horas, determinando luego la masa del residuo remanente al evaporarse el agua. La relación entre la masa del residuo y el volumen utilizado de agua es la cantidad de sólidos totales en el agua y se representa como ST. (Crites&Tchobanoglous 2000).

OLORES.

En relación al punto anterior, es necesario analizar el impacto del olor, referido a las aguas residuales. El agua residual reciente tiene un olor característico desagradable, mientras que el agua residual séptica posee un olor muy ofensivo debido a la generación de sulfuro de hidrogeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos en condiciones anaerobias. Otros compuestos como indol y mercaptanos formados bajo condiciones anaerobias también producen olores ofensivos. Los olores de las aguas residuales constituyen una de las principales objeciones ambientales, y su control en plantas de tratamiento es muy importante. Entre los problemas atribuibles a los olores ofensivos se señalan pérdida de apetito, menor consumo de agua, dificultades respiratorias, nauseas, vómitos, etc.

TEMPERATURA.

La temperatura del agua residual suele ser más cálida que el agua de abastecimiento, debido principalmente a la incorporación de aguas calientes provenientes de las casas e industrias. La temperatura es un parámetro muy importante en las plantas de tratamiento de aguas residuales por su efecto sobre las operaciones y procesos de tratamiento ya que modifica la concentración del oxígeno disuelto y las velocidades de las reacciones químicas y de la actividad bacterial. Así también la temperatura del agua residual puede alterar la vida acuática de un cuerpo de agua receptor.

La temperatura óptima para la actividad bacterial es de 25°C a 35°C. La digestión aeróbica y la nitrificación se suspenden cuando la temperatura alcanza los 50°C. Cuando la temperatura es menor de 15°C la digestión metanogénicas es muy lenta, y a temperatura de 5°C la bacteria autotrófica nitrificante deja de operar. (Jairo Romero s.f.).

La densidad, viscosidad y tensión superficial disminuyen al aumentar la temperatura, o al contrario cuando esta disminuye, estos cambios modifican la velocidad de sedimentación de partículas en suspensión y la transparencia de oxígeno en procesos biológicos de tratamiento.

TURBIEDAD.

Es una medida óptica del material suspendido en el agua. Las aguas residuales crudas son en general turbias; en aguas residuales tratadas puede ser un factor importante de control de operación, ya que la turbidez refleja la calidad del efluente en relación al material residual en suspensión coloidal.

pH.

Es El pH es un parámetro considerado como físico-químico, en las aguas residuales domésticas el rango de pH varía entre 6.5-8.0.

En las plantas de tratamiento es un parámetro de operación importante, ya que su variación puede modificar la composición biológica de las aguas residuales (tratamiento biológico) y así también puede alterar el efecto de los compuestos químicos adicionados para el tratamiento (tratamiento químico).

2.6. CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Los constituyentes químicos de las aguas residuales son con frecuencia clasificados como en inorgánicos y orgánicos.

COMPUESTOS INORGÁNICOS

Los compuestos inorgánicos agregados a las aguas durante su uso son.

Sales, generalmente se encuentran en solución y contribuyen a aumentar la salinidad del agua. El aumento de sales disueltas durante cada uso del agua puede alcanzar los 300-350 mg/lit (Cubillos A. 1980).

Nutrientes, el nitrógeno agregado en las proteínas principalmente y el fósforo en compuestos orgánicos y los detergentes son nutrientes que promueven el crecimiento de organismos productores autótrofos en aguas receptoras de desechos. Las aguas residuales domésticas e industriales son ricas en nutrientes. El nitrógeno y el fósforo, reciben el nombre de nutrientes o bioestimulantes. Debido que el nitrógeno es esencial para la síntesis de proteínas, se necesita conocer datos sobre la presencia de este nutriente a la hora de evaluar la tratabilidad del agua residual mediante procesos biológicos.

Trazas de elementos, minerales como el hierro, calcio, potasio, cobre, sodio, magnesio, etc. son esenciales a la actividad microbiana. En ocasiones especialmente en desechos industriales, hay deficiencia de uno o más de estos

elementos y la actividad microbiológica es inhibida. En el tratamiento de desechos de industrias es importante conocer cual o cuales microelementos son deficientes.

Tóxicos, afectan a los microorganismos y a los procesos de tratamiento y provienen de productos farmacéuticos, químicos y biocidas. Algunos tóxicos comunes como plomo, cromo, zinc, mercurio, cianuro, ácidos, derivados del petróleo y biocidas.

Alcalinidad es una medida de su capacidad de neutralizar ácidos. Las aguas residuales domésticas son generalmente alcalinas, concentraciones de 50-200 mg/l- CaCO_3 son comunes. En las aguas residuales la alcalinidad se debe a la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como calcio, magnesio, sodio, potasio o de ion amonio. Su capacidad para neutralizar ácidos y prevenir cambios bruscos de pH la hace importante en el tratamiento de aguas residuales.

GASES

En aguas residuales los gases son producto de la descomposición biológica de la materia orgánica, los gases en aguas residuales son:

OXÍGENO DISUELTO

Se disuelve desde la atmósfera y de la actividad fotosintética de algas. Existe muy poco oxígeno disuelto en el desagüe fresco y ninguno en aguas residuales sépticas.

DIOXIDO DE CARBONO (CO_2)

La concentración es función del pH y el equilibrio químico del agua, también se encuentran monóxido de carbono (CO). El CO_2 en aguas es producido durante la respiración de microorganismos en aguas residuales y como producto de la descomposición biológica.

METANO (CH_4)

De la descomposición anaerobia de materia orgánica. Se encuentra en condiciones anaerobias donde hay descomposición en condiciones anóxicas.

AMONIACO (NH₃, NH₄)

Las distribuciones dependen del pH de las aguas. Valores altos del pH favorecen la presencia del gas NH₃, especialmente por encima del 9.

SULFURO DE HIDROGENO (H₂S)

Alteran el pH de las aguas y producen corrosión de los alcantarillados. El H₂S se produce en condiciones anaerobias cuando predomina la formación de ácidos y no hay producción de metano.

COMPUESTOS ORGÁNICOS

Los constituyentes orgánicos comprenden un número de compuestos que no pueden ser distinguidos en forma separada.

La materia orgánica de las aguas residuales es una combinación de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno (CHON), principalmente; con las proteínas (40-60%), los carbohidratos (25-50%) y las grasas y aceites (10%) como grupos más importantes.

LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXÍGENO (DBO)

Es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, y se utiliza para determinar su grado de contaminación. Normalmente se mide transcurridos 5 días (DBO₅) y se expresa en mg O₂/litro.

Es un método aplicable en aguas continentales (ríos, lagos, acuíferos, etc.), aguas residuales o cualquier agua que pueda contener una cantidad apreciable de materia orgánica. No es aplicable para las aguas potables debido al valor tan bajo que se obtendría, utilizándose en este caso el método de oxidabilidad con

permanganato potásico. El método mide la concentración de los contaminantes orgánicos.

El análisis de la demanda bioquímica de oxígeno permite relacionar el consumo de oxígeno de los microorganismos con el estado del agua. En aguas altamente contaminadas, donde existe gran cantidad de microorganismos, así como materia orgánica, el valor del DBO es alto. El agua puede ser estabilizada biológicamente introduciendo una cantidad de oxígeno igual a la demanda obtenida en el ensayo. En caso de no ser tratada el agua, la demanda de oxígeno seguirá produciéndose y la estabilización pierde su propósito. (Cricyt 2004)

2.7. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DEL AGUA RESIDUAL

En general las características biológicas de aguas residuales se miden en pruebas para organismos indicadores como el NMP y conteo total de bacterias.

El grupo Coliformes incluye todas las bacterias aerobias y facultativas anaerobias, Gram negativas, que no forman esporas, en forma de cilindro que fermentan la lactosa con formación de gas dentro de 48 y 35°C. La definición anterior incluye *Escherichia coli* y otras *Escherichias*, *Enterobacter Aerógenes* y otros.

2.8. PROBLEMÁTICA DEL REÚSO DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL PERÚ.

- ✓ Uso de aguas residuales sin tratamiento con fines agrícolas que ponen en riesgo a la salud de las poblaciones.
- ✓ Falta de Normatividad para establecer límites de calidad a las aguas residuales tratadas de las actividades poblacionales y productivas que son destinadas al uso con fines agrícolas.
- ✓ Deficiencias en los sistemas de tratamiento de las aguas residuales.

- ✓ Las acciones de control para fiscalizar el cumplimiento de los compromisos establecidos en los Instrumentos Ambientales aprobados por los Sectores.
- ✓ Debilidad en las instituciones del Poder Ejecutivo para efectuar la vigilancia, control y fiscalización armonizada del cumplimiento de los compromisos ambientales y sanitarios de las actividades productivas.
- ✓ Instrumentos de Gestión Ambiental que requieren ser fortalecidos con criterios y metodologías de evaluación normadas para el reúso de las aguas residuales con fines agrícolas.
- ✓ No se cuenta con el universo de la generación de aguas residuales de las actividades poblacionales y productivas, caracterizadas por su actividad, disposición final y necesidades de ser reutilizadas.
- ✓ No se incorporan los avances tecnológicos en la medida necesaria, orden con los avances mundiales.
- ✓ No se tiene una evaluación nacional de su volumen real y la necesidad de compensar el déficit de uso de aguas superficiales (Estela 2012).

2.9. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON TANQUE SEPTICO

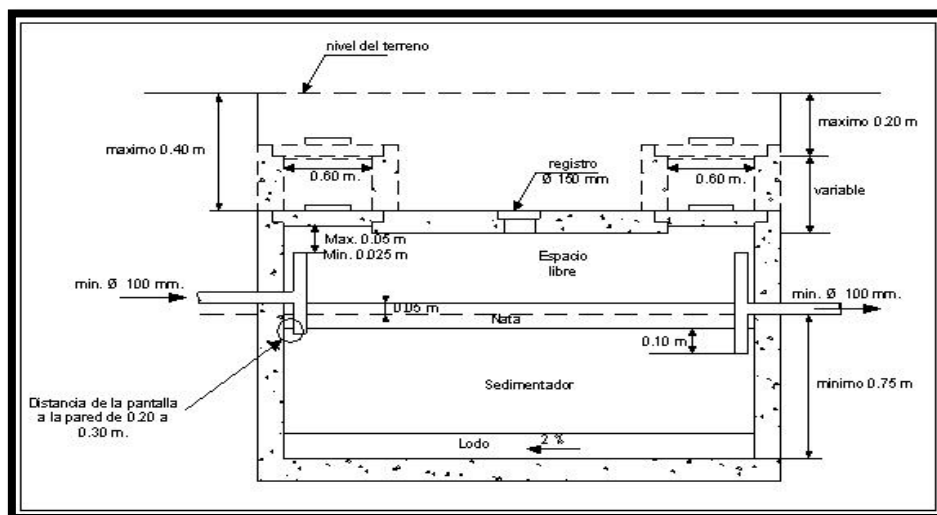
GENERALIDADES

Los métodos más prácticos para proyectos rurales son el empleo del tanque séptico como unidad de tratamiento primario con disposición final por infiltración hasta poblaciones de 2000 habitantes, En el medio rural es difícil disponer áreas adecuadas, sobre todo en la sierra. Por estas consideraciones, se han dispuesto muchos sistemas con el diseño de tanques sépticos con las condiciones de disponibilidad de áreas de construcción y de acuerdo a la población del proyecto (García Trisolini 2009).

- a) El tanque séptico es una estructura de separación de sólidos que acondiciona las aguas residuales para su buena infiltración y estabilización en los sistemas de percolación que necesariamente se instalan a continuación.

- b) Los tanques sépticos solo se permitirán en las zonas rurales o urbanas en las que no existen redes de alcantarillado, o ésta se encuentren tan alejadas, como para justificar su instalación.
- c) En las edificaciones en las que se proyectan tanques sépticos y sistemas de zanjas de percolación, pozos de absorción o similares, requerirán, como requisito primordial y básico, suficiente área para asegurar el normal funcionamiento de los tanques durante varios años, sin crear problemas de salud pública, a juicio de las autoridades sanitarias correspondientes.
- d) No se permitirá la descarga directa de aguas residuales a un sistema de absorción.
- e) El afluente de los tanques sépticos deberá sustentar el dimensionamiento del sistema de absorción de sus efluentes, en base a la presentación de los resultados del test de percolación. (I.S 020-RNE s.f.).

Figura N° 1: Tanque Séptico



Fuente: (CEPIS/OPS-OMS 2002)

2.10. PARÁMETROS DE ANÁLISIS DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES

Según Decreto supremo N° 003-2010-MINAM (2010). Es la medida de la concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su cumplimiento es exigible legalmente por el MINAM y los organismos que conforman el Sistema de Gestión Ambiental.

Cuadro N° 9: Límites Máximos Permisibles para Efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas.

PARAMETRO	UNIDAD	LPM DE EFLUENTES PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUA
Aceites y Grasas	mg/l	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100ml	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	200
pH	Unidad	6.5-8.5
Solidos Totales en Suspensión	ml/l	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: (RNE – OS. 090)

➤ COLIFORMES TERMOTOLERANTES

El tracto intestinal humano contiene una gran población de entero bacterias de las cuales las bacterias Coliformes son un indicador indirecto de la presencia de organismos patógenos que pueden estar presentes en las heces contaminantes

de los cuerpos acuáticos. Sin embargo, es importante resaltar que la presencia de Coliformes no siempre está asociada a la contaminación por heces humanas, ya que también se encuentran estos organismos en otros medios naturales como el suelo, por ejemplo. Por esto, se han desarrollado indicadores más específicos como los Coliformes termotolerantes o fecales, Klebsiella, E. coli, Streptococos fecales, Enterococos, Clostridium, perfringens, entre otros.

Los mecanismos de remoción de Coliformes en el DHS son por adsorción, depredación, muerte natural y toxicidad del oxígeno; ya que estos microorganismos se desarrollan en medio anaerobio. (Tawfik ET AL. 2004).

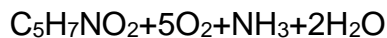
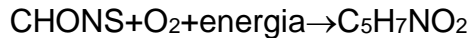
➤ **DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO**

Es una medida de la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente en el agua residual. Se analiza mediante la medición del consumo de oxígeno disuelto por los microorganismos en el proceso de oxidación bioquímica de la materia orgánica. (Tchobanoglous, et al. 2003). Sus resultados fueron empleados para determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente en cada uno de los puntos de monitoreo del reactor DHS, pudiendo conocer la evolución del proceso de tratamiento.

Si existiera la suficiente disponibilidad de oxígeno, la descomposición biológica aerobia continuaría hasta que todos los residuos fueran consumidos. Pero hay que considerar que adicionalmente se presentan otros procesos en la descomposición: primeramente, unas porciones de los residuos son oxidados a compuestos primarios para obtener energía para el mantenimiento celular y la síntesis de nuevo tejido celular. Simultáneamente otras porciones de los residuos son convertidas a nuevo tejido celular usando parte de la energía liberada durante su oxidación. Finalmente, cuando la materia orgánica se ha consumido en su totalidad, las nuevas células comienzan a consumir su propio tejido celular para obtener energía para su mantenimiento. Este tercer proceso

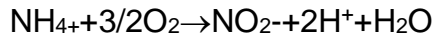
es conocido como respiración endógena. Si no existieran interferencias, estos tres procesos se pueden resumir en las siguientes ecuaciones:

Oxidación:



Síntesis:

Nuevo tejido celular. Respiración Endógena:



El proceso de nitrificación también genera un consumo de oxígeno que interfiere en la medición de la demanda biológica. Para evitar esta interferencia se utilizan inhibidores de los procesos de nitrificación en el análisis de laboratorio. En este estudio se ha desarrollado el análisis convencional de DBO5 sin utilizar estos inhibidores:

➤ **DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**

Se emplea para medir el contenido de materia orgánica de las aguas residuales. En el ensayo de laboratorio se emplea un agente químico fuertemente oxidante (Dicromato de Potasio) para la determinación del equivalente de oxígeno de la materia orgánica que puede oxidarse. Se emplea también un catalizador (iones de Plata) para facilitar la oxidación de determinado tipo de compuestos orgánicos e iones de Mercurio para evitar la interferencia de los Cloruros. La DQO de un agua residual suele ser mayor que su respectiva DBO5 debido a diversas razones: la existencia de sustancias orgánicas que no son oxidables biológicamente como la lignina, pueden ser oxidadas químicamente; la

presencia de sustancias inorgánicas que pueden ser oxidadas por el Dicromato incrementan el aparente contenido orgánico de la muestra; ciertas sustancias orgánicas presentes en la muestra pueden resultar tóxicas para los microorganismos usados en la prueba de la DBO5 e inhibir sus funciones de oxidación del material orgánico.

➤ **pH**

El intervalo adecuado de pH para la existencia de la mayor parte de la vida biológica es relativamente estrecho, en general entre pH 5 y 9. Las aguas residuales con valores de pH fuera de este rango (aguas residuales industriales) son de difícil tratamiento mediante procesos biológicos.

Es la medida de la acidez o alcalinidad del agua residual referida a la concentración del ion hidrógeno. El agua residual con una concentración extrema de ion hidrógeno es difícil de tratar por medios biológicos, y si la concentración no es alterada antes de la descarga, afectará la calidad del curso de agua receptor, alterando el rango de pH que permite la vida acuática (entre 6 y 9). Asimismo, en el proceso de nitrificación, la producción de amoníaco y amonio está determinada por el pH. En rangos de pH de 9 a 12, el amoníaco tiene una prevalencia, mientras que en rangos de pH de 7 a 9, el amonio prevalece.

➤ **SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSIÓN**

La medición de sólidos suspendidos totales (SST) es un parámetro importante a considerar en este estudio porque es una forma estandarizada de medir la eficiencia de los procesos de tratamiento y determinar la necesidad de filtración en caso que el agua va a ser reusada. Por otro lado, este parámetro es el segundo en importancia en la legislación peruana para determinar si el agua residual tratada cumple con los estándares de calidad ambiental para ser vertida a un curso de agua receptor, ya que está asociado a la formación de depósitos de lodo y a condiciones anaerobias en el mismo. La cinética de crecimiento microbiano es determinante en la concentración de sólidos suspendidos totales

en el reactor, ya que realiza la oxidación del sustrato y la producción de biomasa.

➤ **TEMPERATURA**

La temperatura tiene un efecto directo sobre las reacciones químicas y biológicas en el proceso de tratamiento del agua residual. No solo influye las actividades metabólicas de la población microbiana sino también tiene un efecto importante sobre los factores de transferencia de gases, concentración de oxígeno disuelto y las características de sedimentación de los sólidos biológicos. Las temperaturas óptimas para la actividad bacteriana se encuentran en el rango de 25 a 35 °C.

2.11. SISTEMA DE TRATAMIENTO PARA LAS AGUAS RESIDUALES DE ORIGEN DOMESTICO:

Cuando las parcelas de terreno el espacio superficial está muy delimitado para la instalación de sistemas de tratamiento individuales, se instalan servicios para una vivienda o a toda la comunidad, normalmente consisten en una red la cual es la encargada de recolectar y evacuar las aguas residuales de la zona mejorando la calidad del agua. A continuación, se presentan las opciones de tratamiento en comunidades rurales.

Cuadro N° 10: opciones de tratamiento de aguas residuales no conectadas a una red de alcantarillado sanitario.

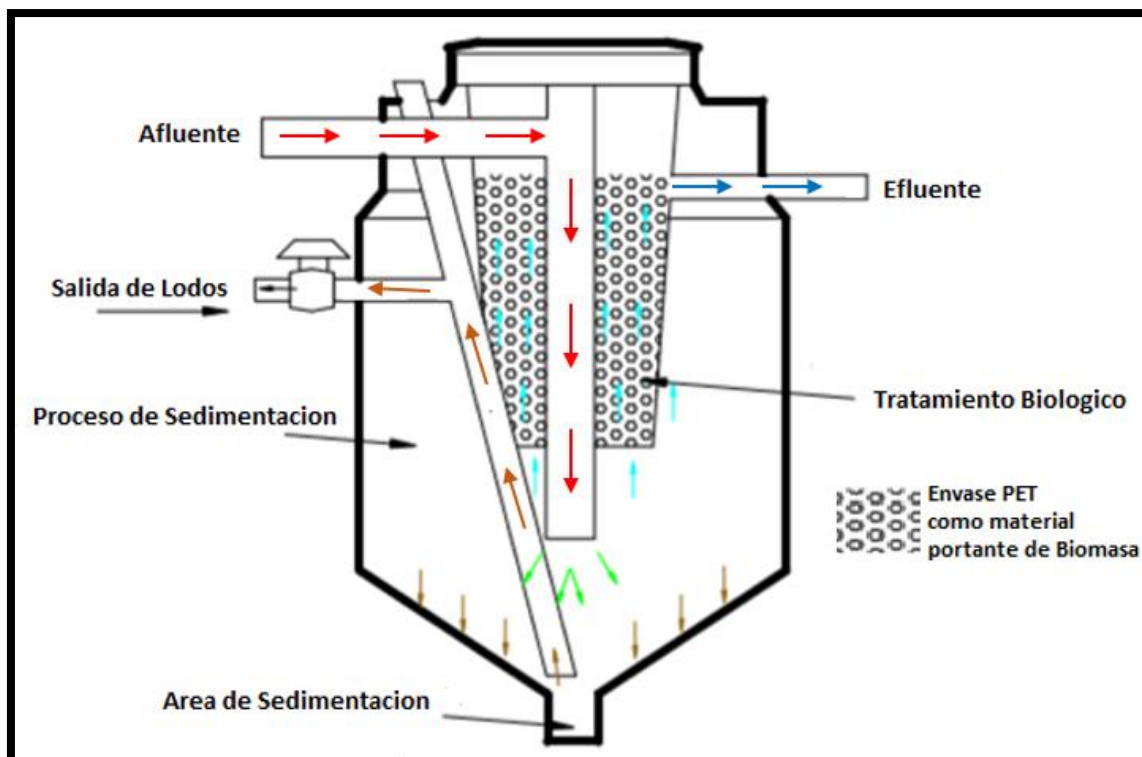
Origen del agua residual	Retención y/o tratamiento del agua residual	Evacuación del agua residual
Residencias individuales	Tratamiento primario	Evacuación subsuperficial
Agua residual de redes unitarias	Biodigestor	
	Fosa séptica	Lechos de infiltración rápida
	Tanque imhoff	Lechos de percolación
Aguas negras	Tratamiento secundario	Zanjas de evacuación
Aguas grises	Unidad aerobia/anaerobia	poco profundas rellenas de arena
Instalaciones públicas	Unidad aerobia	Soterramiento en terraplenes
Establecimientos comerciales	Filtro de arena intermitente	Lechos de evapotranspiración/percolación
	Filtro de medio granular con recirculación	Aplicación por goteo
	Terrenos pantanosos artificiales	Sistemas de evaporación
	Sistemas de tratamiento con recirculación	Lechos de evapotranspiración
	Retención in situ	Laguna de evaporacion
	Tanque de retención	Terreno pantanosos
	Pozo negro	Descarga a cuerpos de agua
		Combinaciones de los anteriores

Fuente: MEDCALF & EDDY. Ingeniería de aguas residuales. México: McGraw Hill 1 996. 1 459 p.

2.11.1. BIODIGESTOR CLARIFICADO

El biodigestor está construido de polietileno de alta densidad, con dos cámaras de tratamiento anaerobio. La primera fase del tratamiento, la realiza una cámara de fosa séptica o sedimentador, continuando con un tratamiento en un reactor anaeróbico de flujo ascendente, con anillos fabricados de envase PET (polietileno de tereftalato) como elemento filtrante o de sustento para la biomasa. Debido a su entrada mediante un codo a 90° (ver figura 2), esta permite separar la materia flotante del resto del fluido, conduciendo el caudal a la fosa séptica donde se produce la decantación de los sólidos sedimentables y una posterior fermentación anaeróbica de los mismos hasta su estabilización. Esta fermentación da lugar al desprendimiento de metano y dióxido de carbono que son liberados a la atmósfera mediante las tuberías de conducción del fluido.

Figura N° 2: Corte Transversal del Biodigestor.



Fuente: elaboración propia

2.11.1.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO DE TRATAMIENTO

El proceso de tratamiento que proporciona el biodigestor clarificador, es muy similar al proceso que se da en una fosa séptica o en un tanque Imhoff. Como en dichas unidades, dentro del biodigestor se produce un tratamiento biológico anaerobio.

Prácticamente la unidad consta de dos cámaras. La primera cámara (parte superior) es la zona de sedimentación. Aquí es donde se da la clarificación del agua. El material que sedimenta se acumula en la zona de lodos, donde comienza la digestión de los mismos y la degradación de material orgánico sedimentado. El agua que fluye hacia arriba, pasa por la segunda cámara que es un medio filtrante constituido de material PET.

El material PET, tiene la función de proporcionar una superficie en para la adherencia y crecimiento de la película biológica. Esta

película, está constituida de diversos microorganismos anaerobios y/o facultativos que ayudarán a digerir la materia orgánica que no haya sedimentado.

Para que funcione correctamente, como todo proceso biológico, el biodigestor requiere un tiempo de maduración para la formación de la película biológica en el medio filtrante y el crecimiento de microorganismos en la zona de lodos. Este es un proceso biológico en un medio suspendido (zona de sedimentación y lodos) en combinación de un proceso biológico en un medio fijo (material PET).

Entre las ventajas de este sistema se puede mencionar lo siguiente:

- Fácil instalación
- Material durable y resistente.
- Fácil descarga de lodos.
- Adecuado tratamiento primario del agua.
- Mínima operación y mantenimiento

Entre las desventajas se distingue lo siguiente:

- Limitación en capacidad.
- Pocos modelos de fabricación.
- Costo alto en comparación a una fosa séptica

2.11.2. FILTRACION EN MEDIO GRANULAR

El proceso de filtración tiene como objetivo inicial, la remoción de sólidos en suspensión de un medio acuoso, al hacerlo escurrir a través de un medio poroso o lecho filtrante. La eliminación de la retención de los sólidos suspendidos se da por medio de la acción de diversos mecanismos físicos, químicos y biológicos que ocurren dentro de la unidad de filtración. La filtración en medio granular, está condicionada principalmente por las características del agua a filtrar, el tamaño del material filtrante, la carga

hidráulica y la velocidad de filtración. (ARBOLEDA, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua. 3a ed. Colombia: McGraw Hill, 2000. 793 p.)

2.11.2.1. MECANISMO DE REMOCION

Los mecanismos de remoción más influyentes son el cernido, sedimentación, impacto inercial, intercepción y adhesión. Pero también ocurren otros mecanismos como la adsorción química, adsorción física (fuerzas electroestáticas, electrocinéticas y fuerzas de Van der Waals) y floculación. El cernido, también llamado retención, probablemente es el principal responsable de la eliminación de sólidos suspendidos. Este mecanismo es la simple retención de las partículas, en los poros del lecho filtrante de tamaño menor a dichas partículas (ROMERO ROJAS, Jairo Alberto. Tratamiento de aguas residuales. 3ª ed. Colombia: Escuela Colombiana de ingeniería 2004. 1248 p.).

Cuadro N° 11: Mecanismo de Remoción

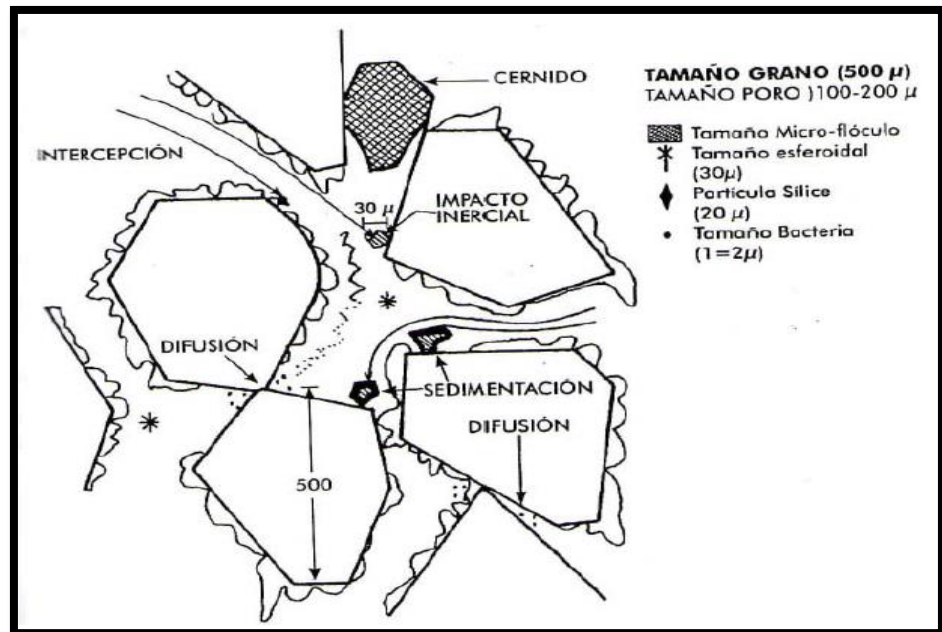
MECANISMO	DESCRIPCION
Cernido	Las partículas mayores quedan retenidas en los poros del medio filtrante.
Sedimentación	Las partículas sedimentan sobre los granos del medio filtrante.
Impacto inercial	A velocidades altas de flujo, las partículas más pesadas siguen por inercia diferentes trayectorias a las líneas de flujo y se adhieren a los granos por impacto.
Difusión	Debido al movimiento Browniano de las partículas, tienden a dispersarse de áreas de

	mayor concentración a áreas de menor concentración.
Intercepción	Las partículas suspendidas que siguen las líneas de flujo, se interceptan entre ellas y el medio filtrante, quedando así retenidas.
Adsorción física	Combinación entre fuerzas electroestáticas y fuerzas de Van der Waals.
Adsorción química	Ocurre al utilizar ayudantes de filtración, que crean cadenas poliméricas que a su vez crean puentes químicos entre partículas y el medio filtrante.

Fuente: elaboración propia (adaptado de la bibliografía)

Mecanismos de remoción en un filtro de medio granular

Figura N° 3: REACTOR DHS G2 – TIPO CORTINA



Fuente: ARBOLEDA, Jorge. Teoría y práctica de la purificación del agua. p. 369.

2.11.3. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE LOS FILTROS INTERMITENTES

La infiltración intermitente se define como la tasa de aplicación intermitente de las aguas residuales descargadas a un lecho de material granular poco profunda (600 mm a 1 000 mm), el cual es drenado para recoger y descargar el efluente. El filtro de arena es uno de los procesos de tratamiento más antiguos para mejorar la calidad del agua para pequeñas comunidades, aunque en la actualidad se utiliza para mejorar el efluente de lagunas de estabilización. Es importante señalar que los filtros de arena son básicamente a los empleados en 1 868 y de los años veinte. El tratamiento del efluente se produce mediante los cambios y transformaciones físicas, químicas y biológicas.

La eliminación de los sólidos suspendidos se lleva a cabo, por el arrastre mecánico generado por el choque aleatorio y la sedimentación. Esto es debido a que las bacterias forman colonias en el medio granular, la auto filtración provocada por el crecimiento bacteriano favorece aún más la eliminación de sólidos y nutrientes. La conversión de amoníaco (NH_3) a nitratos (NO_3) que se le conoce como nitrificación, se produce por la acción de los microorganismos presentes en el lecho de arena bajo condiciones aerobias. La desnitrificación es el resultado por la acción de bacterias anaerobias que producen la conversión de los nitratos en gas nitrógeno hasta un 45 por 100, éstas se originan en un ambiente libre de oxígeno desarrollándose dentro del lecho de filtrante. Ciertos constituyentes específicos se eliminan por absorción (física y química), para que exista eficiencia es necesario que se ventile el sistema de drenaje manteniéndose en condiciones aerobias.

2.11.4. TIPOS DE FILTROS INTERMITENTES

Los filtros pueden ser abiertos o descubiertos, de acceso libre o filtros cubiertos o enterrados. El filtro enterrado se coloca dentro del terreno en

un estrato vegetal de 0,25 m arriba de la corona de la tubería de distribución y el filtro superficial se construye sobre el terreno o dentro de él, este se puede proteger de la intemperie, climas severos, para impedir el albergue de plantas y vectores e inclusive para prevenir olores.

2.11.5. TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE AGUA RESIDUAL

Los procesos pueden ser: aerobios o anaerobios. El proceso anaerobio se da en ausencia de oxígeno. El proceso aerobio es el caso contrario, se da en presencia de oxígeno. Por otra parte, el proceso Anóxico o desnitrificación anaerobia, es el proceso por el cual el nitrógeno de los nitratos se transforma en nitrógeno gas en ausencia de oxígeno. En el tratamiento con filtración, prevalece el tratamiento aerobio que realizará la eliminación de la materia orgánica y en algunos casos se dará nitrificación (CRITES, Ron; TCHOBANOGLOS, G. Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones. Colombia: McGraw-Hill 2000. 739 p).

2.11.6. DESCRIPCIÓN DEL ÁMBITO DE ESTUDIO

Se cuenta con una planta piloto de experimentación para el tratamiento de aguas residuales del tipo doméstico, la cual permite al estudiante realizar sus propios ensayos e investigación. La cual cuenta con dos tipos de tratamiento de agua residuales y son el tratamiento primario y tratamiento secundario, la cual el estudiante evalúa y determina la eficiencia y propone tratamientos de bajo costo para comunidades rurales.

2.11.6.1. Ubicación

El sistema de filtración intermitente, para la evaluación y análisis se encuentra ubicado, en la planta piloto acondicionada en una vivienda de la ciudad de Huaraz, la cual se encuentra en la

avenida confraternidad internacional sur s/n. pedregal bajo, teniendo como colindantes al norte con el jr. Rauca Rocardio y al sur con el rio seco – Huaraz – Áncash.

2.11.6.2. Localización

coordenadas UTM de localización de la planta Piloto:

Norte: 8944410.99

Este: 222900.09

Cota: 3150 m.s.n.m.

2.11.6.3. Clima

Huaraz presenta un clima templado de montaña tropical, soleado y seco durante el día y frío durante la noche, con temperaturas medias anuales entre 11 – 17° C y máximas absolutas que sobrepasan los 21° C. Las precipitaciones son superiores a 500 mm, pero menores a 1000 mm durante la temporada de lluvias que comprende de diciembre a marzo. La temporada seca denominada "verano andino" comprende desde abril hasta noviembre.

2.11.6.4. Poblacion

La poblacion donde se encuentra ubicada la planta piloto cuenta con los servicio basicos, como agua potable, electricidad y telefonia. La cual esta constituido por una familia de 6 personas.

2.12. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Absorción: Fijación y concentración selectiva de sólidos disueltos en el interior de un material sólidos, por difusión.

Adsorción: Fenómeno físico-químico que consiste en la fijación de sustancias gaseosas o líquidas en la superficie.

Aerobio: Condición en la cual hay presencia de aire u oxígeno libre.

Anaerobio: Condición en la cual no hay presencia de aire u oxígeno libre.

Afluente: Agua u otro líquido que ingresa a un reservorio, planta de tratamiento o proceso de tratamiento.

Efluente: Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

Agua residual: Agua que ha sido usada por una comunidad o industria y que contiene material orgánico o inorgánico disuelto o en suspensión.

Agua residual doméstica: Aguas residuales de origen doméstico, comercial e institucional que contienen desechos fisiológicos y otros provenientes de la actividad humana.

Agua residual municipal: Aguas residuales domésticas que puedan incluir la mezcla con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial siempre que éstas cumplan con los requisitos para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.

Grava: Piedra machacada a trozos pequeños, hasta un máximo de 8 cm de diámetro.

Intermitente: Que se interrumpe o cesa y vuelve a continuar sucesivamente.

Concentración: Cantidad de una sustancia disuelta en una unidad de volumen de solución o aplicada a un peso unitario de sólidos.

Muestreo: Toma de muestras de volumen predeterminado y con la técnica de preservación correspondiente para el parámetro a medir.

DBO5: Demanda bioquímica adherida a un medio sólido y que lleva a cabo la degradación de la materia orgánica. La relación entre DBO y DQO es un indicador de la degradación de la materia contaminante.

DQO: Demanda química de oxígeno, que expresa la cantidad de oxígeno consumida por los cuerpos reductores en un agua sin intervención de los microorganismos.

pH: Logaritmo de signo negativo, de la concentración de iones hidrógeno expresado en moles por litro.

PTAR: Estructuras y sistemas de ingeniería en las que se trata el agua de manera que pueda usarse para fines específicos

Tratamiento primario: Remoción de una considerable cantidad de materia en suspensión sin incluir la materia coloidal y disuelta.

Tratamiento secundario: Nivel de tratamiento que permite lograr la remoción de materia orgánica biodegradable y sólidos en suspensión.

Eficiencia de tratamiento: Relación entre la masa o concentración removida y la masa o concentración aplicada, en un proceso o planta de tratamiento y para un parámetro específico. Puede expresarse en decimales o porcentajes.

LMP: Limite Maximo Permisible, medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLOGICO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Antes de definir la metodología, el estudio busca encontrar una propuesta de tratamiento a los problemas relacionados a la generación de aguas residuales domésticas en poblaciones rurales, la investigación para plantear un método de tratamiento recolecta y analiza datos cualitativos, posteriormente en la etapa de diseño procesa estos datos y de esta manera se realiza los cálculos de donde nos arrojan las dimensiones del sistema de tratamiento; de acuerdo a eso el estudio se definió como una metodología Mixta (Cualitativa y Cuantitativa).

3.1.1.1. Nivel de Investigación

El nivel de investigación se escoge de acuerdo a los objetivos del estudio, ya que reúne las características de un estudio:

A) Aplicativo ya que plantea resolver los problemas que se van a presentar por la generación de aguas residuales, a través de la aplicación de métodos y técnicas ya existentes y ajustadas a este caso.

B) Descriptivo, el estudio busca identificar las características de las aguas residuales generadas, además de estimar parámetros.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño utilizado en la investigación es experimental.

MATERIALES

en el siguiente estudio de investigación se utilizaron los siguientes materiales, herramientas y equipos.

EQUIPOS: biodigestor de 750 L; baldes, válvulas de 2", accesorios de PVC de 2", de ½".

MATERIALES DE LABORATORIO: frasco para la recolección de muestras para el análisis químico y biológico.

MATERIALES PARA EL FILTRO INTERMITENTE DE GRAVA: ladrillo kk (artesanal), cemento, arena gruesa, hormigón, ladrillo de 18 huecos kk, grava de ¼", tubería PVC DE ½", tapón hembra de ½", tee de ½", codos de ½", pegamento, hoja de cierra y cinta teflón.

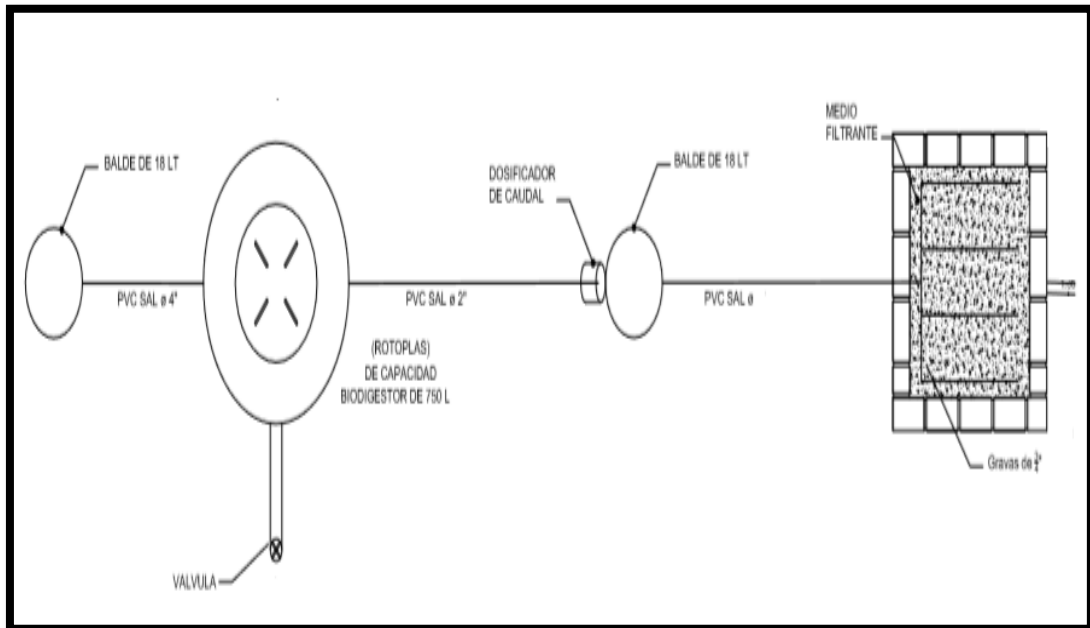
MATERIALES DE SEGURIDAD: guantes de cuero, overol, botas, mascarillas, guantes de jebe y mamelucos.

MATERIALES DE OFICINA: libreta de apuntes, cámara fotográfica, papel bond A4, lapicero, marcadores e impresiones.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

la realización del estudio de investigación a nivel tesis, inicio con el aforo del efluente del biodigestor de la planta polito acondicionada en vivienda unifamiliar. el esquema general y diagrama de flujo es el que se muestra en la figura N°. 4.

Figura N° 4: Esquema General de la Tesis.



Fuente: elaboración propia.

Fotografía N° 1: Esquema General de la Tesis



Fuente: elaboración propia.

3.3.1. SELECCIÓN DE PARÁMETROS DE CONTROL

Cuadro N° 12: Selección de Parámetros de Control.

Parámetro	Importancia
pH/Temperatura	Importantes para conocer si las condiciones son adecuadas para el crecimiento bacteriano.
DBO/DQO	Si se descarga la materia orgánica biodegradable al entorno sin tratar su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y desarrollo de condiciones sépticas.
Sólidos suspendidos	Pueden dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte el agua residual sin tratar al entorno acuático.
Nitrógeno/Fósforo	Junto con el carbono son nutrientes esenciales para el crecimiento de vida acuática no deseada, favoreciendo la eutrofización de los cuerpos de agua.

Fuente: Metcalf & Eddy. *Ingeniería de aguas residuales*. Volumen 1 y 2. 3ª ed. México: MacGraw-Hill 1 996, 1 485 p.

Cuadro N° 13: Selección de Parámetros de Control

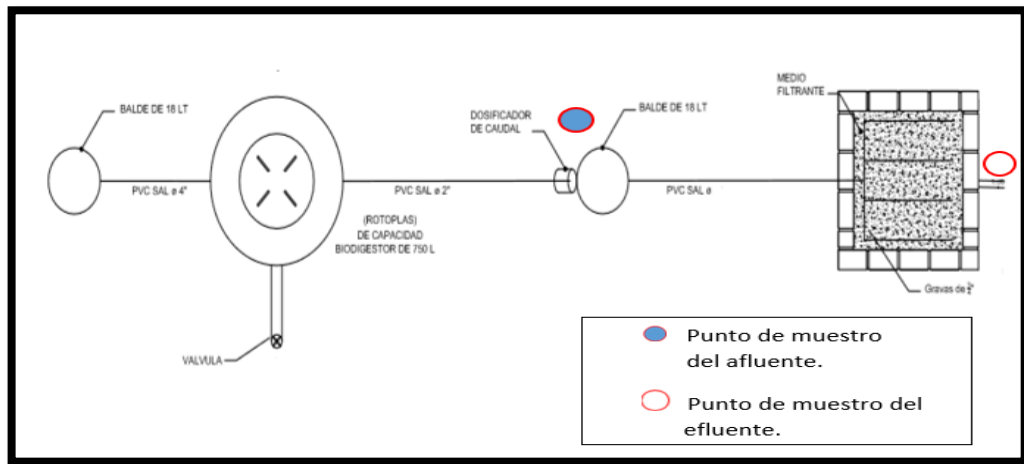
Parámetro	Importancia
OD	Medido en campo, para determinar la cantidad de oxígeno presente en el agua residual.
COLIFORMES FECALES O TERMOTOLERANTES	Importante para conocer la cantidad de organismos patógenos presentes en el agua residual.

Fuente: elaboración propia (adaptada de la bibliografía)

3.3.2. TOMA DE MUESTRAS

La toma de muestras se realizará a la salida del biodigestor la cual comprende un tratamiento primario y en la salida del filtro intermitente propuesto la cual corresponde a un tratamiento secundario, en la figura N° 9, se observa la ubicación de los puntos de muestreo.

Figura N° 5: Puntos de Muestreo.



Fuente: elaboración propia.

Fotografía N° 2: Puntos de Muestreo



Fuente: elaboración propia.

3.3.3. FRECUENCIAS DE ANÁLISIS DE MUESTRAS

Las frecuencias de los análisis de muestras se recolectaron principalmente a las 10,00 a.m. para minimizar cualquier efecto en los resultados.

3.3.4. SELECCIÓN DEL TIPO DE MUESTRA

Se utilizó el muestreo compuesto, con base en el tiempo, ya que indica las características promedio de las aguas residuales durante un tiempo y el error es admisible a los cambios intermitentes del caudal y concentración.

3.3.5. MEDICIÓN DEL CAUDAL DE ENTRADA

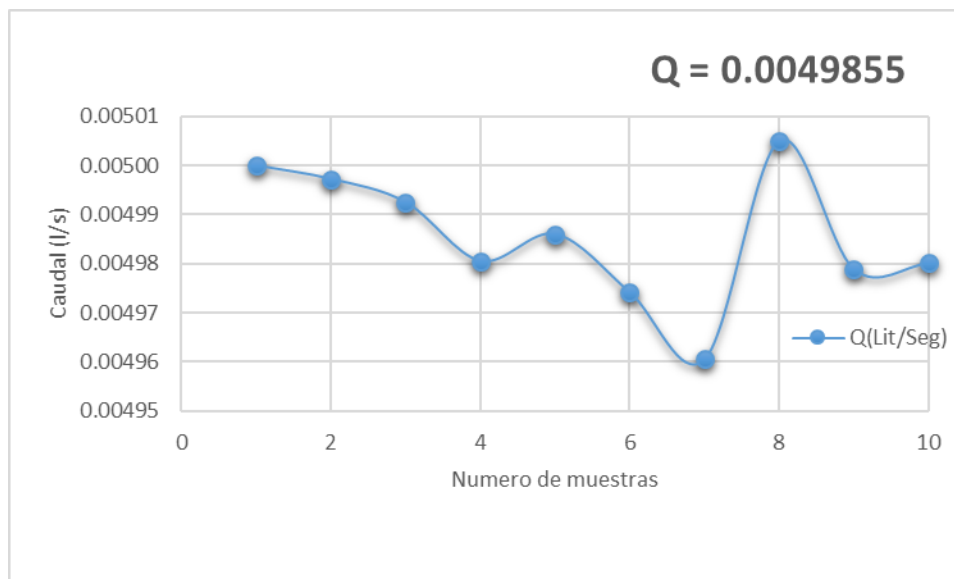
Para poder determinar el área que tendrá el filtro intermitente, es necesario conocer el efluente que descarga el biodigestor; para dicho estudio se realizó una cantidad necesaria de aforos (10), dicho medición se realizó por el método del aforo volumétrico. Los resultados se muestran en la tabla N° 14.

Cuadro N° 14: Aforo Volumétrico

N°	T(seg)	V(lit.)	Q(Lit/Seg)	Q(m3/dia)
1	200	1	0.00500	0.43200
2	200.11	1	0.00500	0.43176
3	200.3	1	0.00499	0.43135
4	200.78	1	0.00498	0.43032
5	200.56	1	0.00499	0.43079
6	201.04	1	0.00497	0.42977
7	201.59	1	0.00496	0.42859
8	199.8	1	0.00501	0.43243
9	200.85	1	0.00498	0.43017
10	200.8	1	0.00498	0.43028
CAUDAL MAXIMO		0.005005005		
CAUDAL PROMEDIO		0.0049855		
CAUDAL MINIMO		0.004960564		

Fuente: elaboración propia

Figura N° 6: Curva de Caudales.



Fuente: elaboración propia.

una vez obtenida la curva de caudales, el caudal medio para el diseño del filtro es 0.43075 m³ /día. este caudal servirá para el dimensionamiento del filtro para esto se utilizará la siguiente ecuación.

$$A = \frac{Q_m * F}{THA}$$

Donde:

A = área del filtro (m²)

Q_m = caudal medio de entrada (l/día)

F = factor de caudal pico

THA = tasa hidráulica de aplicación (carga hidráulica) en l/m²/día

La tasa de carga hidráulica, es básicamente la tasa con la que entra el líquido a la unidad filtrante. Está dada en unidades de volumen sobre área por tiempo, que básicamente es una velocidad. En el sistema internacional se trabaja usualmente como milímetros por día (mm/d). Esta tasa, depende del tamaño del medio filtrante, a mayor tamaño mayor es la tasa de carga hidráulica con la que puede trabajar el filtro.

La carga hidráulica para filtros con recirculación, varía entre 120 y 200 l/m²*día. Para el filtro a diseñar, por poseer un medio filtrante de mayor tamaño, se diseñó con un valor de 250 l/m²*día. El valor de factor de caudal pico, es de 2,0 por ser agua residual domiciliario.

1) Por lo tanto, las dimensiones del filtro intermitente serán: para un F=2.0, para THA = 250 l/m²*día y para Q_m =430.7472 lit/día

$$A = (430.7472 \text{ lit/día}) * 2.5 / 250 \text{ l/m}^2 * \text{día}$$

$$A = 3.445 \text{ m}^2, \text{ redondeando el área efectiva será de } 3.5 \text{ m}^2$$

El filtro tendrá las medidas siguientes Largo= 1.75 m y Ancho = 1.75 m.

Los filtros con recirculación emplean lechos filtrantes con profundidades entre 0,50 y 1,20 metros, por lo siguiente se optará por tomar el menor valor, la profundidad del medio filtrante será de 0,50 metros.

2) Caudal y velocidad de descarga en cada uno de los ramales del sistema, caudal descargado por 24 dosis /diarias

$$Q = (Q_m \text{ m}^3/\text{dia})/\# \text{ de dosificación}$$

$$Q = (0.43075 \text{ m}^3/\text{dia})/24 \text{ dosis/día}$$

$$Q = 0.01795 \text{ m}^3/\text{dosis}$$

3) Descarga en cada ramal

$$Q_{\text{ramal}} = (Q \text{ dosis en m}^3/\text{dia})/(\text{N}^\circ \text{ de ramales} = 4 \text{ ramales})$$

$$Q_{\text{ramal}} = 0.004487 \text{ m}^3/\text{ramal} \cdot \text{dosis}$$

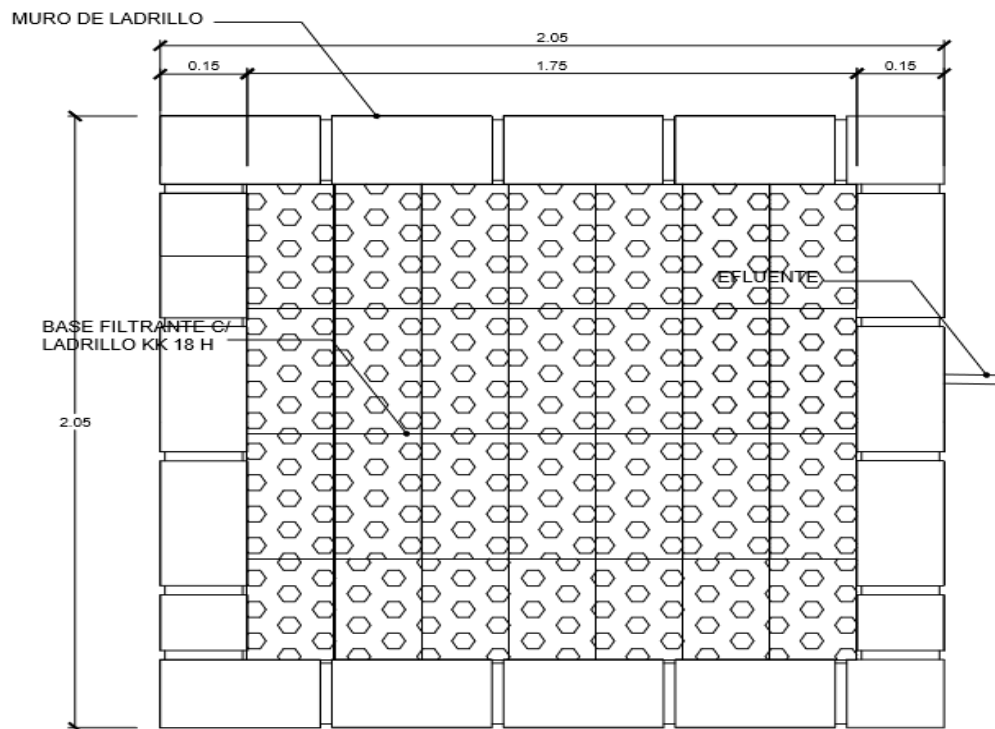
3.3.6. MONTAJE EXPERIMENTAL DE LA PLANTA PILOTO

la planta piloto se construyó de la siguiente forma:

- Se procedió con la limpieza de terreno, seguidamente del trazo y replanteo en la zona donde se va a instalar el filtro.
- Se realizó la instalación y colocación del biodigestor de una capacidad de 750 litros.
- Se realizó el llenado de concreto de 0,05 metros de espesor con una pendiente de 2%. La cual es para la impermeabilización del suelo donde se va a instalar el filtro y para la base del muro de mampostería.
- Sobre la misma base se realizó el levantado de los muros de mampostería, con ladrillo artesanal king kong de dimensiones de 0.09m X 0.13 m X 0.24 m.
- Posteriormente se colocaron ladrillos king kong de 18 huecos para sirva como base fondo falso.
- Sobre los ladrillos king kong de 18 huecos se colocó una capa de piedra de 3/4" e = 0.1m, y sobre ella se colocó el medio filtrante de piedra de 1/4" con un espesor de e = 0.5 m.

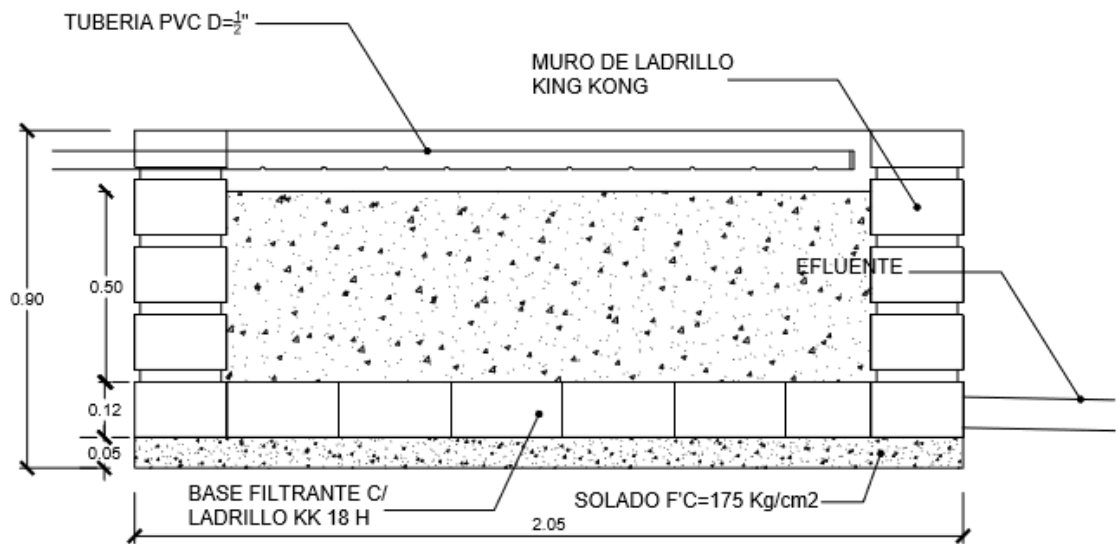
- Se realizó las instalaciones del biodigestor con el filtro de grava para su puesta en marcha.
- Se instalaron las tuberías de distribución, la cual está constituido por 4 tuberías de PVC SAP de 1/2" de diámetro y 1.5m de largo, perforados en la parte superior. Cada agujero tiene un diámetro de 0,005 metros y tienen una separación de 0,30 metros entre sí. A su vez, los tubos tienen una separación de 0,30 metros. Estos valores de separación entre tuberías y agujeros, son los recomendados para este tipo de filtros.

Figura N° 7: Dimensiones del Filtro - Planta



Fuente: Elaboración propia

Figura N° 8: Dimensiones del Filtro - Elevación



Fuente: Elaboración propia

Fotografía N° 3: Filtro Intermitente



Fuente: Elaboración propia

3.3.7. CARGA ORGANICA DE DISEÑO

comprende la cantidad (masa) de materia orgánica soluble y particulada que se aplica al filtro por unidad de área y tiempo. En el sistema internacional se trabaja en kilogramos de DBO5 por metro cuadrado por día (kg DBO5/m²*d).

Valores mayores de tasa de carga orgánica se pueden utilizar, si se realizan variaciones en la dosificación del afluente.

Al realizar el análisis del agua residual a la salida del biodigestor (afluente del filtro de estudio), se obtuvo una DBO5 de 126 mg/l y una DQO de 254.2 mg/l. La relación entre estos dos parámetros, es decir el índice de biodegradabilidad es igual a 0,5. Este valor indica que el agua residual puede ser tratada de forma biológica, por lo tanto, la propuesta de tratamiento secundario con un filtro intermitente, es aceptable. Con el valor de DBO5 mencionado anteriormente, se obtiene la carga orgánica de diseño. con la siguiente ecuación:

$$C.O = \frac{Q_n * DBO_5}{A * 1000^2}$$

Donde:

C.O. = carga orgánica (kg DBO5/m²*día)

Qm = caudal medio diario (l/día)

A = área del filtro (m²)

Reemplazando los datos se obtiene

$$C.O = \frac{430.7475 \frac{l}{día} * 126 mg/l}{3.5 m^2 * 1000^2} = 0.01551 \text{ kg DBO/m}^2 \text{ * día}$$

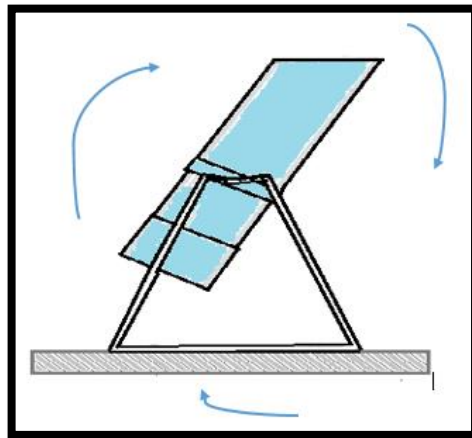
3.3.8. DOSIFICADOR DE CAUDAL

El sistema para dosificación de caudal, está constituido por una tubería de 3" de diámetro y 0.25 m de longitud, la cual tendrá un volumen de

almacenamiento de 0.00114m³ por descarga, dicha tubería tendrá un eje variable en su altura. Este eje sirve para que el recipiente se pueda balancear en una base. El principio de este dispositivo es que conforme el recipiente se va llenando de líquido, llegará a un nivel donde se sobrepasará el punto de equilibrio y el recipiente se volteará depositando el líquido en un depósito que lo dirigirá hacia la tubería de distribución del filtro. El recipiente tendrá un contrapeso en la parte inferior, que hará que el mismo regrese rápidamente a su posición inicial para su nuevo llenado y próxima dosificación.

Este dispositivo, funciona muy bien, es de bajo costo, no requiere de operación ni demasiado mantenimiento y puede variar el volumen de agua que se requiera en cada descarga.

Figura N° 9: Dosificador de Caudal



Fuente: elaboración propia

SISTEMAS DEL PROTOTIPO

- a. Sistema de Conducción de aguas residuales.
- b. Sistema de Almacenamiento.
- c. sistema de regulación de caudal.
- d. Sistema de tratamiento secundario –Filtro de Grava Intermitente.
- e. Sistema emisor de caudal.

Figura N° 10: Sistemas del Prototipo



Fuente: elaboración propia

3.4. POBLACIÓN Y MUESTRA

Población: Se tomó como la población la ciudad de Huaraz, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Áncash.

Muestra: Se tomó como muestra una vivienda unifamiliar, de la ciudad de Huaraz distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Áncash.

Muestreo:

Cuadro N° 15: Diseño para Recolección de Datos

PUNTO DE MUESTRA	INTERVALO DE MUESTRO	CARACTERÍSTICAS DE MUESTREO
A: Agua residual que ingresa al Filtro Intermitente de grava	Mensual: DBO ₅ , SST, CF, DQO, OD, NT, pH (Durante 6 meses)	Parámetros de control: DBO ₅ , SST, CF, DQO, OD, NT, pH a nivel de laboratorio.
B: Efluente del Filtro Intermitente de grava	Mensual: DBO ₅ , SST, CF, DQO, OD, NT, pH (Durante 6 meses)	

Fuente: elaboración Propia.

El tiempo de evaluación fue de 6 meses, durante este tiempo se evaluó cada uno del parámetro antes mencionado.

3.5. Instrumentos validos de recolección de datos

3.5.1. Análisis de Bibliografías y Documentos:

La primera fuente de información son las informaciones de bibliografías para recopilar los diferentes estudios realizados sobre la remoción de los parámetros de análisis de los límites máximos permisibles mediante el sistema de filtro de Grava intermitente. La información puede ser materia de primer nivel como de segundo nivel o técnicas de análisis documental propiamente dicha, etc.

3.5.2. Investigación de Campo:

La investigación en campo se realizó de acuerdo a la metodología planteada, para desarrollar los procedimientos necesarios para obtener al final los resultados de manera correcta.

3.5.3. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos:

El procesamiento y análisis de datos obtenidos en campo y resultados finales se llevará a gráficos y/o esquemas.

3.6. PLAN DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LA INFORMACIÓN

VARIABLES DE RESPUESTA Y TÉCNICAS SELECCIONADAS PARA EL ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS

POTENCIAL HIDROGENO (pH): Para la medición del pH, se usó el mismo equipo que usamos para medir la temperatura; dicha medición se realizó en campo. Para la medición de este parámetro se realizó de acuerdo a la metodología estándar de la

APHA 4500-H*B.-versión 2012 (STANDARD METHOD FOR DE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 22 ND. EDITION-2012).

SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (SST): La medición de los sólidos suspendidos totales se realizó en el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

Para la medición de este parámetro se realizó de acuerdo a la metodología estándar de la APHA 2540D (STANDARD METHOD FOR DE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 22 ND. EDITION-2012), que tiene los siguientes procedimientos:

- Colocar el filtro en el embudo de filtración. Aplicar vacío y enjuagar con tres porciones de 20 mL de agua destilada. Continuar la succión hasta eliminar totalmente el agua. Secar en estufa 103-105°C por 1 hora en un soporte de porcelana o similar.
- Una vez que se obtuvo el peso constante del filtro, pesarlo inmediatamente antes de usarlo.
- Colocar el filtro en el embudo de filtración, mojar el filtro con una pequeña cantidad de agua destilada.
- Tomar un volumen de muestra homogeneizada que de un residuo seco entre 2.5 y 200 mg. Verter el volumen medido en el embudo de filtración. Comenzar la succión. Lavar 3 veces sucesivas con 10 mL de agua destilada cada vez, permitiendo un completo drenaje en los lavados. Continuar la succión por 3 minutos hasta que la filtración sea completa.
- Remover el filtro y colocarlo sobre un soporte de porcelana. Secar por 1 hora a 103-105°C en estufa, enfriar en desecador hasta temperatura ambiente y pesar. Repetir el ciclo de secado, enfriado, y pesado hasta peso constante o hasta que la pérdida de peso sea menor que el 4% del peso previo o 0.5 mg.

Cálculos y expresión de resultados

$$SST = \frac{mg}{L} = \frac{(P_2 - P_1) \times 1000}{V}$$

Dónde:

SST = Sólidos Suspendidos Totales en mg/L.

P1 = Peso del filtro más el residuo seco a 103 – 105°C en mg.

P2 = Peso del filtro más el residuo calcinado a 550°C en mg.

V = Volumen de muestra tomada en mL.

Medición:

Para la medición de los sólidos suspendidos totales se tomó en dos puntos a la entrada del reactor que se muestreo una vez al mes y a la salida del reactor que se muestreo semanalmente y se llevó al laboratorio de calidad ambiental los miércoles de cada semana de muestreo.

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO: La determinación de la “Demanda Bioquímica de Oxígeno”, fue realizada en el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, de acuerdo con el método: Prueba de Requerimiento de Oxígeno Bioquímico de 5 días, de los “Métodos Normalizados para el análisis de Aguas Potables y Residuales” de la APHA 5210 B edición, 2012.

PROCEDIMIENTO

- Reparar el agua de dilución agregando 1ml de solución de K, Na, Ca y Mg por cada litro de agua destilada.
- Colocar el difusor de aire en el agua de dilución preparada y esperar a que esta se sature de oxígeno.
- Medir el oxígeno disuelto de las muestras utilizando el método de Winkler o un medidor de oxígeno disuelto digital.
- Preparar 06 frascos con diluciones diferentes mediante pipeteo directo para cada muestra.
- Preparar 01 frasco sólo con agua de dilución (Blanco de la medición).

- Dejar incubar todos los frascos de las diluciones y el blanco durante cinco días a una temperatura de 20°C.
- Pasados los cinco días, medir el oxígeno disuelto en cada uno de los frascos utilizando el método de Winkler o un medidor de oxígeno disuelto digital.
- Finalmente, la DBO_5 se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$DBO_5 \left(\frac{mg}{L} \right) = (ODb - ODi) \times \frac{Vol. de botella}{ml de muestra}$$

DÓNDE:

ODb = Oxígeno disuelto del blanco, luego de 05 días.

ODi = Oxígeno disuelto en la dilución de muestra, luego de 05 días.

Medición:

Para la medición la demanda bioquímica de oxígeno se tomó en dos puntos a la entrada del filtro que se muestreo una vez al mes y a la salida del filtro que se muestreo semanalmente y se llevó al laboratorio de calidad ambiental los miércoles de cada semana de muestreo.

DEMANDA QUIMICA DE OXÍGENO: La determinación de la “Demanda Química de Oxígeno”, fue realizada en el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, de acuerdo con el método: Oxidación ácido cromo sulfúrico.

PROCEDIMIENTO:

- A 50mL de muestra añadir 1g de $HgSO_4$, 5 mL de reactivo ácido sulfúrico, mezclar y enfriar.
- Agregar 25 mL de $K_2Cr_2O_7$ (0,0417M).
- Colocar el refrigerante y por el extremo superior colocar 70 mL de reactivo ácido sulfúrico, agitar.
- Cubrir el extremo abierto del refrigerante.

- Someter a reflujó por 2 horas.
- Enfriar y titular con SAF utilizando 2 o 3 gotas de ferroína, hasta cambio de color azul verdoso a marrón rojizo.

Ecuación utilizada para el cálculo de DQO:

$$DQO \text{ en } mg \text{ O}_2/L = (A - B) \times N \frac{P.A. \text{ O}_2 \times 1000 \times 1000}{2 \times 1000 \times Vm}$$

DÓNDE:

A = mL de SAF utilizados para el blanco,

B = mL de SAF utilizados para la muestra, y

N = Normalidad del SAF.

Medición:

Para la medición la demanda Química de oxígeno se tomó en dos puntos a la entrada del filtro que se muestreo una vez al mes y a la salida del filtro que se muestreo semanalmente y se llevó al laboratorio de calidad ambiental los miércoles de cada semana de muestreo.

ANALISIS MICROBIOLÓGICOS

COLIFORMES FECALES O TERMOTOLERANTES: La determinación de los Coliformes fecales y termotolerantes, fue realizada en el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, de acuerdo con el método: APHA 9221 C (*).

PROCEDIMIENTO:

- Preparar agua peptonada para realizar las diluciones de las muestras. Para ello, mezclar 1gramo de peptona en 1Litro de agua destilada.
- Llevar a la autoclave por 15min.
- Envolver las placas Petri y pipetas en papel craft.
- Llevar al horno y esterilizar a 180°C por 30min
- Colocar los filtros de membrana utilizados en la filtración sobre las almohadillas o pads, los cuales se encuentran sumergidos en agar base. Tapar herméticamente las placas.
- Dejar incubar las placas Petri durante 24horas a una temperatura de 44 °C en baño maría.
- Luego, la placa Petri que contiene el filtro de membrana que se usó para la filtración del agua peptonada (Blanco de la medición), no deberá presentar formación de colonias.
- Finalmente, contar el número de colonias formadas en las otras placas, con la siguiente formula.

$$\text{Coli. Fecales} \left(\frac{\text{UFC}}{100 \text{ ml}} \right) = \frac{\text{N}^\circ \text{ colonias} \times 100}{\text{Volumen de Filtacion} \times \text{Dilucion}}$$

DONDE:

UFC/100ml = Unidades formadoras de colonia por 100ml de muestra

Medición:

Para la medición de los Coliformes fecales o Termotolerantes se tomó en dos puntos a la entrada del reactor que se muestreo una vez al mes y a la salida del reactor que se muestreo semanalmente y se llevó al laboratorio de calidad ambiental 1 día semanalmente.

NITRÓGENO TOTAL: La determinación del nitrógeno total, fue realizada en el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, de acuerdo con el método: digestión koroleff, nitrospectral

3.6.1. PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para la recolección de la información de la variable independiente (filtro intermitente de grava) se siguió el siguiente proceso:

Se tomará las muestras de los puntos antes mencionadas y se llevará al laboratorio de calidad ambiental para los análisis correspondientes.

Para la recolección de la información de la variable dependiente (Eficiencia de filtro de grava) se siguió el siguiente proceso:

Fotografía N° 4: Toma de Muestra del Efluente del Filtro de Grava



Fuente: Elaboración propia.

Análisis en el laboratorio

Se realizó el análisis de las muestras en el laboratorio; de los siguientes parámetros de control de calidad de agua, como se muestra en el cuadro N° 16.

Cuadro N° 16: Parámetros a Analizar en el Laboratorio.

PARAMETRO	unidad de medida
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO	mg/l
Demanda Química de Oxígeno DBO	mg/l
Solidos Suspendidos Totales	mg/l
Oxígeno Disuelto	mg/l
Nitrógeno Total	mg/l
Potencial Hidrogeno (pH)	und

Fuente: elaboración propia.

Nota: el análisis completo se realizó en el laboratorio de calidad ambiental de la universidad Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM).

3.6.2. PERIODO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El sistema prototipo de Filtro intermitente de grava sin recirculación fue puesto en marcha el 20 de julio del 2018, este tiempo estuvo en prueba el sistema ya que el sistema tenía que adaptarse y estabilizarse antes de la toma de muestras.

Cuadro N° 17: Periodos del Proyecto de Investigación

Periodo	Fecha de		Duración
	Inicio	Fecha Fin	
Puesta en marcha	20/07/2018	20/08/2018	1 mes
Evaluación del sistema	21/08/2018	13/11/2018	5 meses

Fuente: Elaboración Propia.

**CAPÍTULO IV
RESULTADOS**

4.1. RESULTADOS DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

4.1.1. REGISTRO DEL AGUA RESIDUAL DOMESTICO QUE INGRESA A LA PLANTA PILOTO.

Cuadro N° 18: Características de Agua Residual.

PARAMETRO	ENTRADA
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO (mg/l)	298
Demanda Química de Oxígeno DBO (mg/l)	350
Solidos Totales en Suspensión (mg/l)	75
Oxígeno Disuelto (mg/l)	0.7
Coliformes totales (NMP/100ml)	1100000
Nitrógeno Total (mg/l)	65
Potencial Hidrogeno (pH)	6.7

Fuente: elaboración propia

En el cuadro N° 18, se observa las características fisicoquímicas y microbiológicas del agua residual domestica proveniente de una vivienda unifamiliar de 6 personas, cuyo caudal promedio es de 430.7472 lit/dia.

4.1.2. REGISTRO DE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO EN EL AFLUENTE Y EFLUENTE DEL FILTRO INTERMITENTE.

Cuadro N° 19: Resultados del Análisis de DBO a la Entrada y Salida del Filtro.

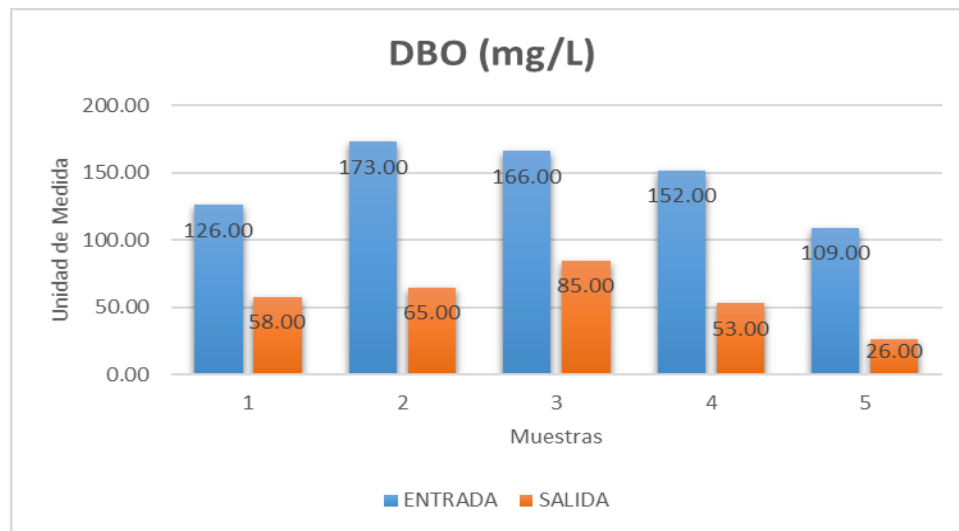
N° de Muestra	FECHA	DBO (mg/L)		EFICIENCIA %
		ENTRADA	SALIDA	
1	21/08/2018	126.00	58.00	53.97
2	11/09/2018	173.00	65.00	62.43

3	09/10/2018	166.00	85.00	48.80
4	30/10/2018	152.00	53.00	65.13
5	13/11/2018	109.00	26.00	76.15
Mínimo		109.00	26.00	48.80
Máximo		173.00	85.00	76.15
Promedio		145.20	57.40	61.29

Fuente: elaboración propia

En el Cuadro N.º 19, se muestra la entrada y salida del agua residual de origen domestico antes y después de la filtración, en el filtro intermitente de grava, se puede observar que la eficiencia mínima de remoción de DBO en el filtro intermitente es de 48.80%, correspondiente al muestreo N° 3, y su eficiencia máxima de remoción de DBO es de 76.15% correspondiente al muestreo N° 5, y tiene una eficiencia promedio de 61.29% de remoción de DBO.

Figura N° 11: Concentración de DBO en cada uno de los muestreos.



Fuente: elaboracion propia

En la figura N° 11 se observa que la concentracion de BDO mas alta es en la muestra N° 2 y N° 3, y la remocion mas alta es en el muestreo N° 3 y la remocion mas baja es en el muestreo N° 5.

4.1.3. REGISTRO DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO EN EL AFLUENTE Y EFLUENTE DEL FILTRO INTERMITENTE.

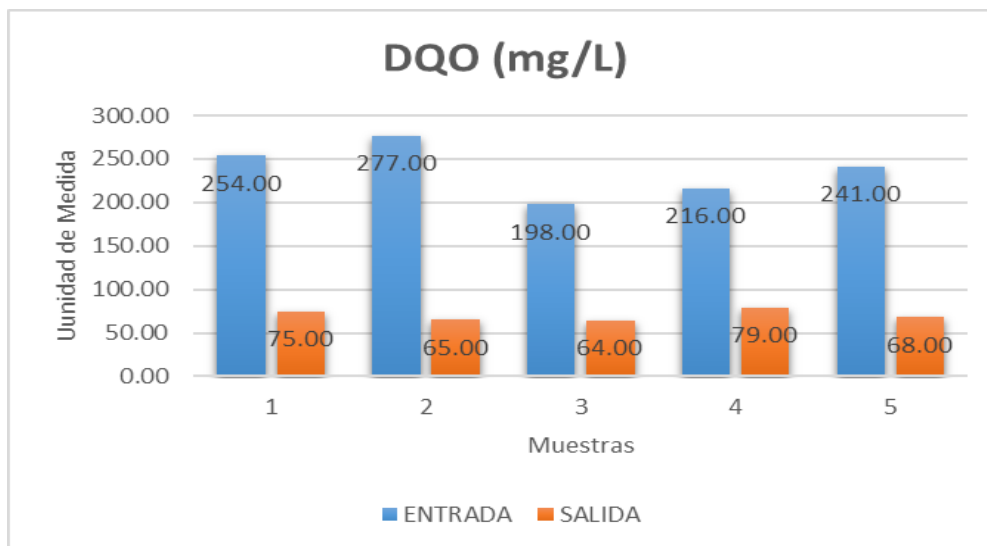
Cuadro N° 20: Resultados del Análisis de DBO a la Entrada y Salida del Filtro.

N° de Muestra	FECHA	DQO (mg/L)		EFICIENCIA
		ENTRADA	SALIDA	%
1	21/08/2018	254.00	75.00	70.47
2	11/09/2018	277.00	65.00	76.53
3	09/10/2018	198.00	64.00	67.68
4	30/10/2018	216.00	79.00	63.43
5	13/11/2018	241.00	68.00	71.78
Mínimo		198.00	64.00	63.43
Máximo		277.00	79.00	76.53
Promedio		237.20	70.20	69.98

Fuente: elaboracion propia

En el cuadro N° 20, se muestra la entrada y salida del agua residual de origen domestico antes y después de la filtración, en el filtro intermitente de grava, se puede observar que la eficiencia mínima de remoción de DQO en el filtro intermitente es de 63.43%, correspondiente al muestreo N° 4, y su eficiencia máxima de remoción de DQO es de 76.53% correspondiente al muestreo N° 2, y tiene una eficiencia promedio de 69.98% de remoción de DQO.

Figura N° 12: Concentración de DQO en cada uno de los Muestreos



Fuente: elaboracion propia.

En la figura N° 12 se puede observa que la remocion de DQO sobre pasa el 50% de remocion en todas las muestras realizadas al afluente y efluente del agua residual de origen domestico que pasa por el filtro intermitente de grava.

4.1.4. REGISTRO DE SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION EN EL AFLUENTE Y EFLUENTE DEL FILTRO INTERMITENTE.

Cuadro N° 21: Resultados del Análisis de los Sólidos Totales en Suspensión.

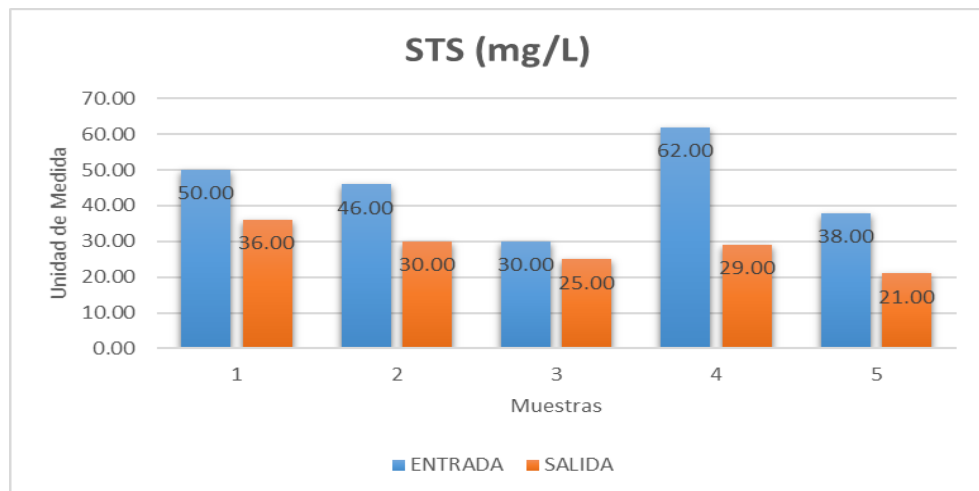
SST (mg/L)				EFICIENCIA %
N° de Muestra	FECHA	ENTRADA	SALIDA	
1	21/08/2018	50.00	36.00	28.00
2	11/09/2018	46.00	30.00	34.78
3	09/10/2018	30.00	25.00	16.67
4	30/10/2018	62.00	29.00	53.23

5	13/11/2018	38.00	21.00	44.74
Mínimo		30.00	21.00	16.67
Máximo		62.00	36.00	53.23
Promedio		45.20	28.20	35.48

Fuente: elaboracion propia.

En el Cuadro N° 21 se puede observa los resultados de los analisis del afluente y efluente del agua residual de tipo domestico a la entrada y salida del filtro intermitente de grava, en lo cual podemos apreciar que la eficiencia de remosion de solidos totales en suspension es satisfactoria teniendo una eficiencia minima de remocion de 16.67% y una eficiencia maxima de remosion de 53.23% y una eficiencia promedio de 35.48%. todos estos resultados son con respecto al afluente del filtro intermitente de grava.

Figura N° 13: Concentración de Solidos Totales en Suspensión



Fuente: elaboracion propia

En la figura N° 13, se puede observa que la remocion de la materia disuelto o en suspension se dio en el muestreo N° 5.

4.1.5. REGISTRO DE NITROGENO TOTAL EN EL AFLUENTE Y EFLUENTE DEL FILTRO INTERMITENTE.

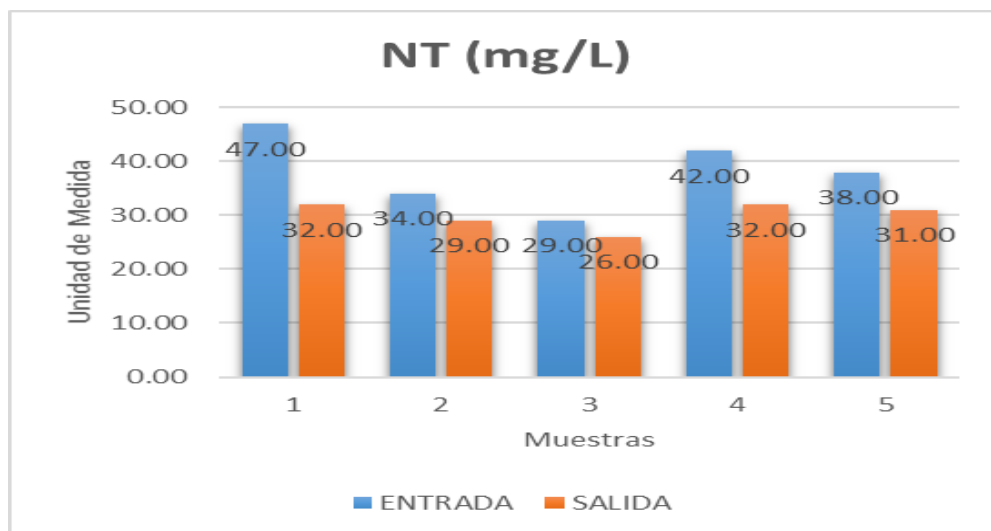
Cuadro N° 22: Resultados del Análisis de Nitrógeno Total.

NT (mg/L)				EFICIENCIA %
N° de Muestra	FECHA	ENTRADA	SALIDA	
1	21/08/2018	47.00	32.00	31.91
2	11/09/2018	34.00	29.00	14.71
3	09/10/2018	29.00	26.00	10.34
4	30/10/2018	42.00	32.00	23.81
5	13/11/2018	38.00	31.00	18.42
Mínimo		29.00	26.00	10.34
Máximo		47.00	32.00	31.91
Promedio		38.00	30.00	19.84

Fuente: elaboración propia.

En el Cuadro N° 22, se puede apreciar que la eficiencia mínima de remoción de Nitrógeno Total es de 10.34% y máxima de 31.91% de eficiencia de remoción con un promedio de eficiencia de remoción de 19.84.

Figura N° 14: Concentración de Nitrógeno Total



Fuente: elaboracion propia

En la figura N° 14, se puede apreciar que la maxima eficiencia de remocion de niotrogeno total se da en el muestro N° 4, y la minima eficiencia se da en el muestreo N° 3.

4.1.6. REGISTRO DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES EN EL AFLUENTE Y EFLUENTE DEL FILTRO INTERMITENTE.

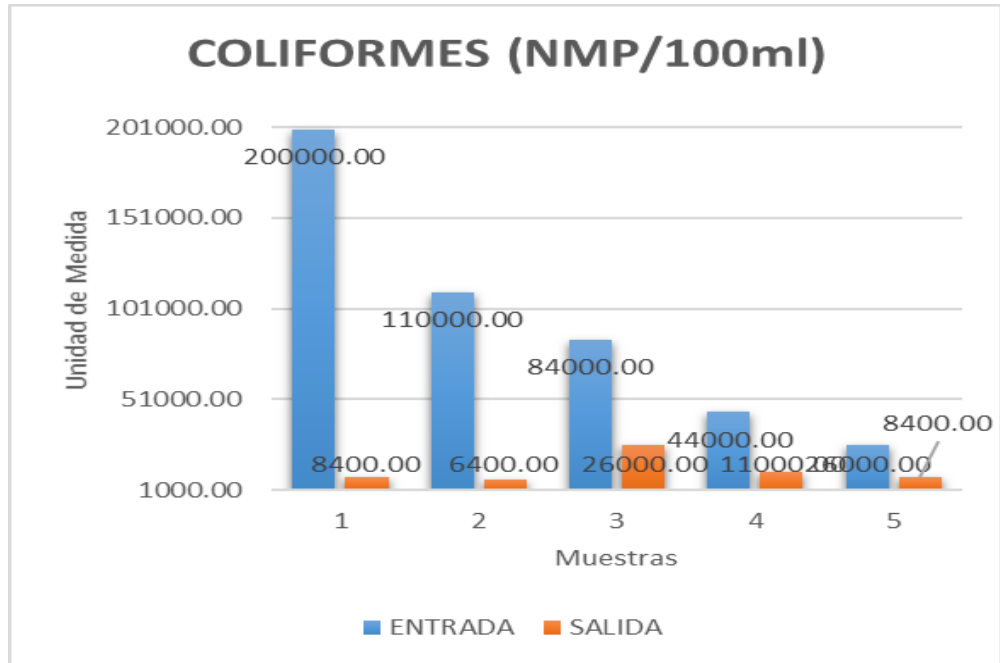
Cuadro N° 23: Resultados del Analisis de Coliformes.

Coliformes Fecales o Termo tolerantes (NMP/100ml)				EFICIENCIA %
N° de Muestra	FECHA	ENTRADA	SALIDA	
1	21/08/2018	200000.00	8400.00	95.80
2	11/09/2018	110000.00	6400.00	94.18
3	09/10/2018	84000.00	26000.00	69.05
4	30/10/2018	44000.00	11000.00	75.00
5	13/11/2018	26000.00	8400.00	67.69
Mínimo		26000.00	6400.00	67.69
Máximo		200000.00	26000.00	95.80
Promedio		92800.00	12040.00	80.34

Fuente: Elaboracion propia

En el cuadro N° 23 se observa la concentracion de los coliformes fecales o termotolerantes a la entrada y salida de flitro intermitente, en dicha tabla se puede observar que la eficiencia de remocion del filtro intermitente es eficiente, la cual removio la concentracion de coliformes en un maximo de 95.8%, y en 67.69% como minimo con un promedio de remocion de coliformes de 80.34%.

Figura N° 15: Concentración de Coliformes



Fuente: elaboracion propia.

En la figura N° 15 se observa que la mayor cantidad de coliformes fecales o termotolerantes presentes en el afluente del filtro intermitente se dio en el muestreo N°1; y la mayor remocion se da en el muestreo N° 2.

4.1.7. REGISTRO DE OXIGENO DISUELTO EN EL AFLUENTE Y EFLUENTE DEL FILTRO INTERMITENTE.

Cuadro N° 24: Resultados del Análisis de OD.

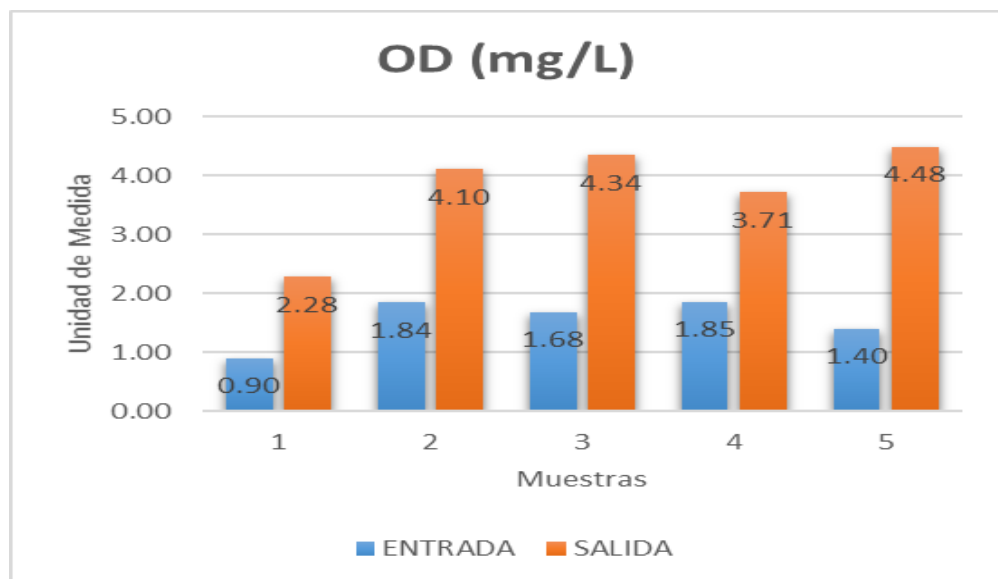
N° de Muestra	OD (mg/l)		EFICIENCIA
	ENTRADA	SALIDA	%
1	0.90	2.28	60.53
2	1.84	4.10	55.12
3	1.68	4.34	61.29
4	1.85	3.71	50.13

5	1.40	4.48	68.75
Mínimo	0.90	2.28	50.13
Máximo	1.85	4.48	68.75
Promedio	1.53	3.78	59.16

Fuente: elaboracion propia.

En el cuadro N° 23 se puede observar la concentracion de oxigeno disuelto presente en el agua residual de tipo domestico en la entrada y salida, teniendose como una eficiencia del incremento maximo de OD de 68.75% y 50.13 de eficiencia minima, con 59.16% de eficiencia del incremento promedio.

Figura N° 16: Concentración de Oxígeno Disuelto



Fuente: elaboracion propia.

En la figura N° 16 se puede observa que la mayor eficiencia del oxigeno disuelto se dio en el muestreo N°5 y la minima eficiencia se dio en el muestreo N° 1

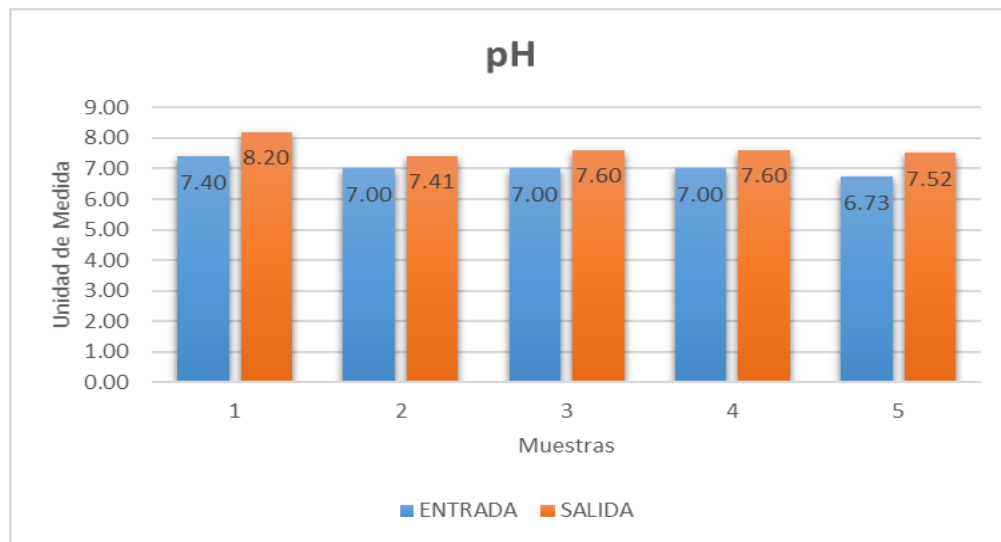
4.1.8. REGISTRO DEL POTENCIAL HIDROGENO EN EL AFLUENTE Y EFLUENTE DEL FILTRO INTERMITENTE.

Cuadro N° 25: Resultados del Análisis del pH.

(pH)		
N° de Muestra	ENTRADA	SALIDA
1	7.40	8.20
2	7.00	7.41
3	7.00	7.60
4	7.00	7.60
5	6.73	7.52
Mínimo	6.73	7.41
Máximo	7.40	8.20
Promedio	7.03	7.67

Fuente: elaboración propia.

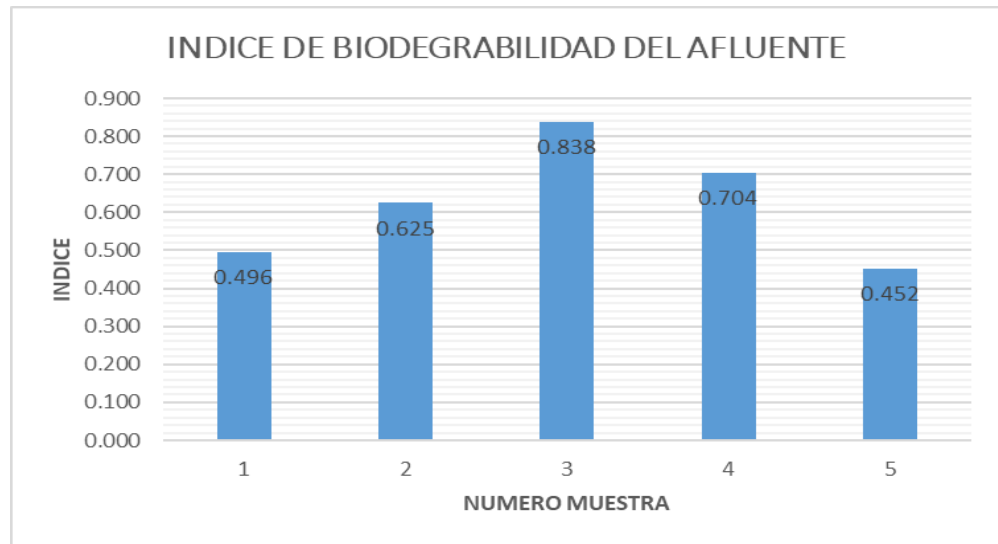
Figura N° 17: Concentración de pH.



Fuente: elaboracion propia.

En la figura N° 17 se observa que la concentración de Potencial Hidrogeno no varía bruscamente en la entrada y salida de agua residual de tipo doméstico, es por esta razón que el pH no varía bruscamente.

Figura N° 18: Índice de Biodegradabilidad del Afluyente.



Fuente: elaboracion propia.

4.2.2. INDICE DE BIODEGRABILIDAD DEL EFLUENTE

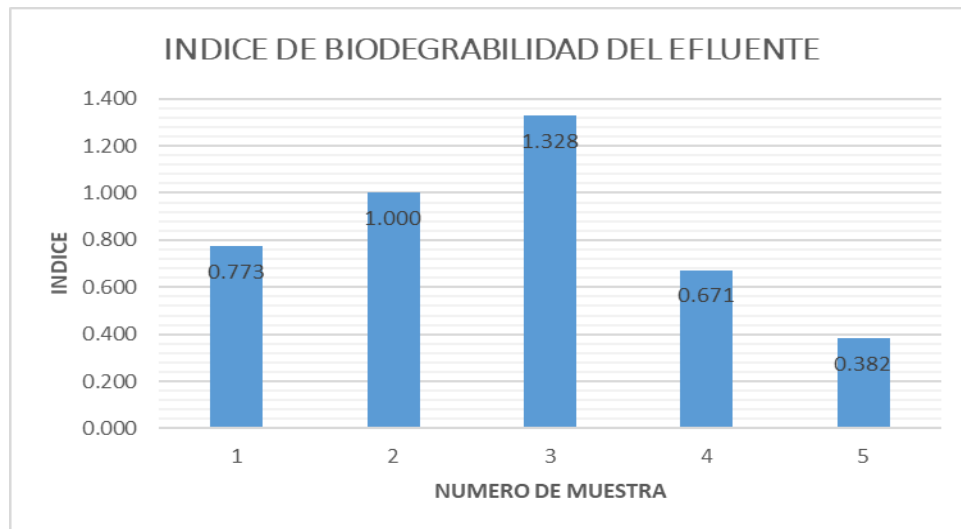
Cuadro N° 27: Índice de Biodegradabilidad a la Salida del Filtro Intermitente de grava.

INDICE DE BIODEGRABILIDAD DE EFLUENTE					
N° DE MUESTRA	1	2	3	4	5
INDICE	0.773	1.000	1.328	0.671	0.382
Desviación					
Mínimo	Máximo	Promedio	estándar		
0.382	1.328	0.831	0.35564742		

Fuente: elaboracion propia

En la cuadro N° 26, se puede deducir que el indice de biodegradabilidad del efluente es mas alto que el indice de biodegradabilidad del afluyente, teniendo un valor minimo de 0.382, un valor maximo de 1.328 y un promedio de 0.831. la figura N° 19 nos muestra las variaciones del indice de biodegradabilidad en el efluente.

Figura N° 19: Índice de Biodegradabilidad del Efluente.



Fuente: elaboracion propia.

En la figura N° 19 se puede apreciar que el índice de biodegradabilidad mas alto se da en la muestra N° 3, y el índice de biodegradabilidad mas bajo corresponde a la muestra N° 5.

4.3. EFICIENCIA DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO (PROPUESTO)

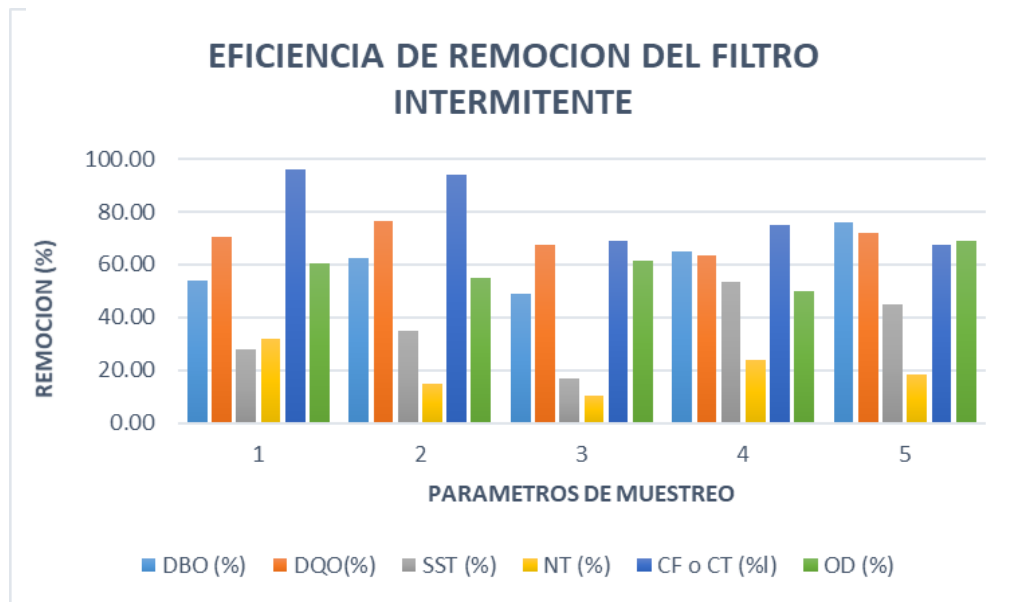
Cuadro N° 28: Eficiencia de la Unidad de Tratamiento.

EFICIENCIA DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO						
N° DE MUESTRA	DBO (%)	DQO (%)	SST (%)	NT (%)	CF o CT (%)	OD (%)
1	53.97	70.47	28.00	31.91	95.80	60.53
2	62.43	76.53	34.78	14.71	94.18	55.12
3	48.80	67.68	16.67	10.34	69.05	61.29
4	65.13	63.43	53.23	23.81	75.00	50.13
5	76.15	71.78	44.74	18.42	67.69	68.75
Mínimo	48.80	63.43	16.67	10.34	67.69	50.13
Máximo	76.15	76.53	53.23	31.91	95.80	68.75
Promedio	61.29	69.98	35.48	19.84	80.34	59.16

Fuente: elaboración propia

En el cuadro N° 28, se puede observar las eficiencias obtenidas a lo largo del presente estudio de investigación, de los 6 parámetros estipulados en el presente estudio; se observa la eficiencia máxima de la DBO es de 76.15%, para la DQO es de 76.53%, para los sólidos totales en suspensión es de 53.23%, para el Nitrógeno Total es de 31.91, para el Oxígeno Disuelto es de 68.75% y como eficiencia mayor es la de los coliformes fecales o termotolerantes es de 95.80%.

Figura N° 20: Eficiencia de Remoción del Filtro Intermitente



Fuente: elaboración propia

4.3.1. EFICIENCIA DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO EN LA REMOCIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA, DBO5

Figura N° 21: Eficiencia de Remoción de DBO



Fuente: elaboración propia

En la figura N° 21, se observa que la eficiencia mayor es en el muestro N° 5, con un valor máximo de 76.15% de remoción de DBO.

4.3.2. EFICIENCIA DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO EN LA REMOCIÓN DE DQO.

Figura N° 22: Eficiencia de Remoción de DQO.

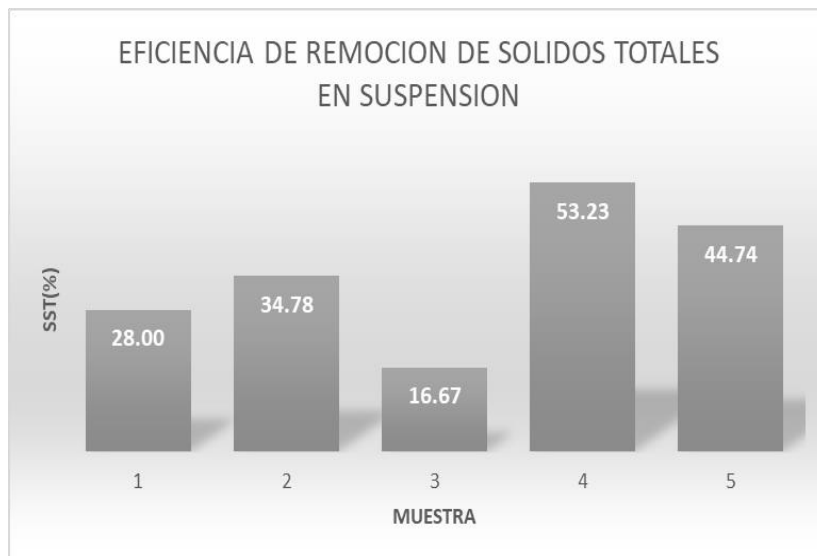


Fuente: elaboración propia

Se observa que en la figura N° 22 la eficiencia de remoción de DQO sobre pasa el 50% de remoción en todas las muestras realizadas, siendo el muestreo N° 2 el más alto con un 76.53% de eficiencia de remoción de DQO, y con una eficiencia mínima de 63.43% perteneciente al muestreo N° 4.

4.3.3. EFICIENCIA DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO EN LA REMOCIÓN DE SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION.

Figura N° 23: Eficiencia de la Remoción de Solidos Totales EN Suspensión

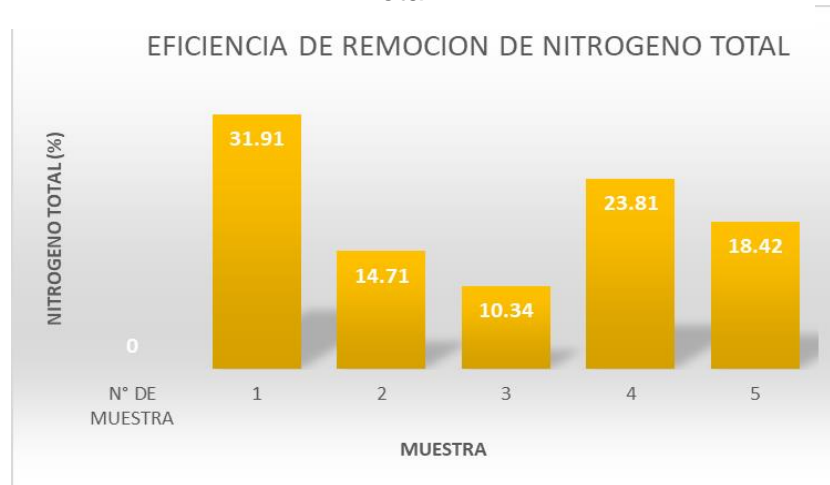


Fuente: elaboración propia

En la figura N° 23 se observa la variación de la eficiencia en la remoción de los Solidos Totales en Suspensión, con una eficiencia máxima de 53.23% la cual se da en el muestreo N° 4 y con una eficiencia mínimo de remoción de 16.67% en el muestreo N° 3.

4.3.4. EFICIENCIA DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO EN LA REMOCIÓN DE NITROGENO TOTAL.

Figura N° 24: Eficiencia de la Remoción de Nitrógeno Total.



Fuente: elaboración propia

En la figura N° 24, se observa que la eficiencia mayor de remoción se da en el muestreo N°1 con un porcentaje de remoción de 31.91 y la mínima eficiencia se da en el muestreo N° 3 con un 10.34%.

4.3.5. EFICIENCIA DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO EN LA REMOCIÓN DE COLIFORMES TOTALES O TERMOTOLERANTES

Figura N° 25: Eficiencia de la Remoción de Coliformes.

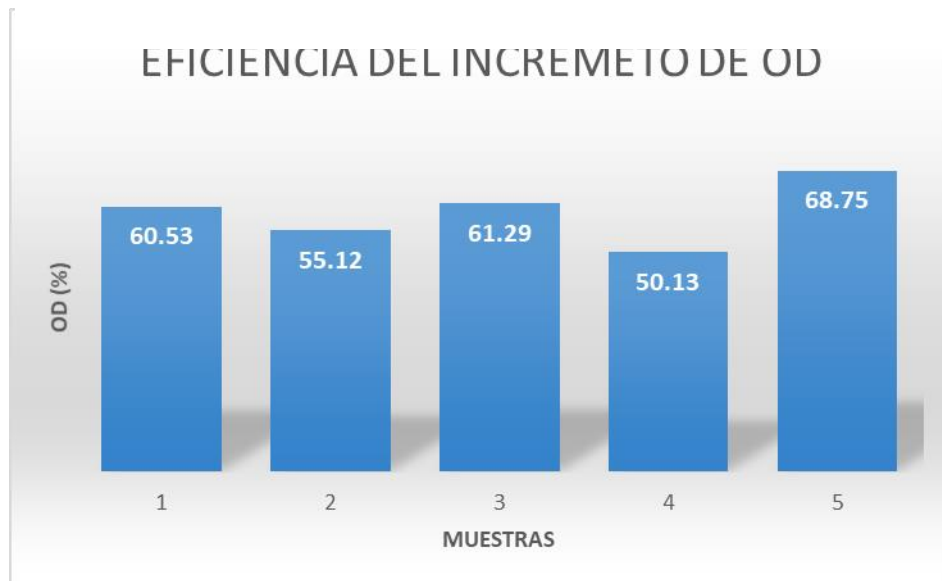


Fuente: elaboración propia.

En la figura N 25, se observa la eficiencia de remocion de Coliformes Fecales o Termotolerantes obteniendose resultados optimos en todos los muestreos, siendo la eficiencia maxima de 95.80% correspondiete al muestreo N° 1, y con una eficiencia minima de 69.05% correspondiente al muestreo N° 3.

4.3.6. EFICIENCIA DE LA UNIDAD DE TRATAMIENTO EN EL INCREMENTO DE OXIGENO DISUELTO

Figura N° 26: Eficiencia en el aumento de Oxígeno Disuelto.



Fuente: elaboración propia.

En la figura N° 26 se observa la variacion de la eficiencia de remocion de oxigeno disuelto en todos los muestreos, apreciandose la remocion maxima de 68.75% correspondiente al muestreo N° 5 y 50.13% como eficiencia minima, correspondiente al muestreo N° 4.

4.4. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

El sistema básicamente es una unidad de filtración que utiliza como medio filtrante grava de ¼", y un dispositivo dosificador de caudal. El sistema recibe el efluente del biodigestor anaerobio, el cual funciona como un tratamiento primario. No se cuenta con una unidad adecuada de pretratamiento del afluente.

Esta unidad de tratamiento no posee ningún artefacto operado de forma mecánica y ni eléctrica. Funciona totalmente por gravedad, es decir que no necesita fuerzas externas para su funcionamiento.

4.4.1. COMPONENTES DEL SISTEMA

Se describen los componentes del sistema de tratamiento de aguas residuales propuesto.

4.4.1.1. DISPOSITIVO DOSIFICADOR DE CAUDAL.

El diseño de la unidad de filtración se basa en el hecho que el agua a tratar debe ingresar al mismo, de forma intermitente. El dosificador de caudal funciona hidráulicamente sin ningún dispositivo eléctrico y/o mecánico. El dosificador puede ser graduado según el caudal que se requiera descargar hacia la unidad de filtración. La descarga del caudal se hace a medida se va llenando de agua el depósito. Al llegar al volumen deseado (según graduación), el depósito se voltea descargando su contenido hacia la tubería de distribución (ver figura 9).

4.4.1.2. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE CAUDAL

El caudal ingresa al medio filtrante a través de un sistema de distribución que consta de una red de tubería suspendida de PVC debidamente perforada.

La tubería tiene un diámetro nominal de ½" están separadas entre sí por 0,30

metros de distancia.

Cada agujero de la tubería de distribución tiene un diámetro de 0.005 m", y están separados por 0,30 metros de distancia. Los agujeros se encuentran en la parte de arriba del tubo, evitando así una mala distribución del caudal en el medio filtrante. Los tubos deben estar completamente horizontales.

4.4.1.3. Medio filtrante

Está constituido por pedrín de un cuarto de pulgada, distribuido en un área de 2,05 m X 2,05 m y un espesor de 0,50 metros. El medio filtrante no solo servirá para retener material suspendido que pueda estar en el agua a tratar, si no que servirá también para dar un medio de soporte a los microorganismos que en cierta forma limpiarán el agua en la filtración.

4.4.1.4. Fondo falso

Este está constituido por 28 ladrillos de 18 huecos de 0.1m x 0.13m x 0.24 m. El conjunto de ladrillos está cubierto por una capa de 0,1 metros de pedrín de ¾". Todo en conjunto forma el llamado fondo falso, y sirve para drenar el agua filtrada cumpliendo con los siguientes objetivos: que no se pierda material filtrante, drenaje libre del agua filtrada sin permitir estancamientos y la entrada de oxígeno hacia el medio filtrante (ver figuras 7 y 8).

4.4.2. LABORES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para garantizar un tratamiento eficiente del agua residual que pasa a través de la unidad, se debe velar por una correcta labor de operación y mantenimiento. A continuación, se detallan los trabajos necesarios en estas actividades.

4.4.2.1. Operación

La unidad de tratamiento no requiere gran control de operación. Su funcionamiento es completamente por gravedad, por lo que no requiere energía externa para funcionar. Se debe realizar la toma de muestras del agua cuando se requieran análisis de la misma. La toma de muestra del afluente, se puede realizar en la entrada del dosificador de caudal. La toma de muestras del efluente se debe hacer en la salida del filtro.

4.4.2.2. Mantenimiento

Para que la unidad de filtración funcione correcta y eficientemente, se deben realizar las actividades de mantenimiento, mostradas a continuación en la tabla N° 29.

Cuadro N° 29: Mantenimiento del Sistema.

UNIDAD	ACTIVIDAD DE MANTENIMIENTO	FRECUENCIA
Entrada Biodigestor	Recolección de grasas y sólidos flotantes en caja de entrada.	Diariamente
	Verificar que esté libre de obstrucciones.	Diariamente
Dosificador de Caudal	Verificar que rote libremente.	Diariamente
	Revisar la correcta entrada de agua residual	Diariamente
	Confirmar la correcta descarga de caudal.	Diariamente
	Limpieza con cepillo	MENSUAL

Tubería de Distribución	Verificar que los orificios no estén obstruidos	CADA 3 DIAS
	Limpieza superficial	CUANDO SE REQUIERA
	Nivelación de tubería (completamente horizontal)	CUANDO SE REQUIERA
Medio Filtrante	Recolección de hojas y palos sobre el medio filtrante	CADA 2 DIAS

4.4.3. MEDIDAS DE SEGURIDAD Y SALUD

Con la finalidad de que el operador del sistema de tratamiento, trabaje en un ambiente seguro y sin daños a la salud, se describen a continuación medidas de seguridad y salud mínimas que se deben tomar en cuenta obligatoriamente para los trabajos de operación y mantenimiento.

4.4.3.1. Materiales

El operador de la planta debe contar como mínimo con los siguientes

materiales:

- Mascarillas desechables
- Guantes de hule
- Jabón líquido y en gel para lavarse las manos
- Desinfectante
- Overol
- Botas de hule
- Anteojos protectores

4.4.3.2. Equipo y herramientas

El equipo y herramientas con las que debe contar el operador, es el

siguiente:

- Botiquín de primeros auxilios
- Canasta con cedazo para recoger sobrenadantes en entrada a biodigestor.
- Cubeta para depositar sobrenadantes
- Varilla delgada para limpieza de agujeros en tubería de distribución

4.4.3.3. Otras medidas de seguridad

Como medidas de seguridad es recomendable que el operador siga las

siguientes instrucciones:

- No ingerir bebidas ni comidas durante las horas de servicio
- Lavarse las manos al terminar las labores
- Evitar contacto directo con las aguas residuales y tratadas
- No tocarse la boca al momento de hacer las tareas
- Cambiarse de ropa al terminar las tareas
- Vacunarse contra el tétano
- Cada 3 meses efectuarse un examen de heces y orina.

CAPITULO V DISCUSIÓN

5.1. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Con el presente proyecto de tesis se determino estudiar en que medida el filtro intermitente de grava sin recirculacion reducía los contaminates presentes en el agua residual de origen domestico, generados en una vivienda de la ciudad de Huaraz, la cual esta conformada por 6 personas; los resultados que se obtubieron en la planta piloto son:

En el cuadro N° 19, y figura N° 11 se muestran los resultados obtenidos en la evaluación y análisis del filtro intermitente a la entrada y salida del agua residual de origen domestico teniendo una concentración de promedio de DBO de **145.20 mg/L** a la entrada del filtro intermitente de grava, y una concentración promedio de **57.40 mg/L** a la salida del filtro intermitente de grava.

En el cuadro N° 20 y figura N° 12 se muestran los resultados obtenidos en la evaluación y análisis del filtro intermitente a la entrada y salida del agua residual de origen domestico teniendo una concentración de promedio de DQO de **237.20 mg/L** a la entrada del filtro intermitente de grava, y una concentración promedio de **70.20 mg/L** a la salida del filtro intermitente de grava.

En el cuadro N° 21 y figura N° 13 se muestran los resultados obtenidos en la evaluación y análisis del filtro intermitente a la entrada y salida del agua residual de origen domestico teniendo una concentración de promedio de Solidos Totales en Suspensión de 45.20 mg/L a la entrada del filtro intermitente de grava, y una concentración promedio de 28.20 mg/L, a la salida del filtro intermitente de grava.

en el cuadro N° 22 y figura N° 14 se muestran los resultados obtenidos en la evaluación y análisis del filtro intermitente a la entrada y salida del agua residual de origen domestico teniendo una concentración de promedio de Nitrógeno Total

de **38.00 mg/L** a la entrada del filtro intermitente de grava, y una concentración promedio de **30.00 mg/L**, a la salida del filtro intermitente de grava.

en el cuadro N° 23 y figura N° 15 se muestran los resultados obtenidos en la evaluación y análisis del filtro intermitente a la entrada y salida del agua residual de origen domestico teniendo una concentración de promedio de Coliformes Fecales o Termo tolerantes de 92800 NMP/100ml a la entrada del filtro intermitente de grava, y una concentración promedio de 12040.00 NMP/100ml a la salida del filtro intermitente de grava.

los resultados obtenidos para el Oxígeno Disuelto teniendo una concentración promedio de 1.53 a la entrada y de 3.78 a la salida. Y para el Potencial Hidrogeno (pH) los resultados obtenidos promedio son; de 7.03 a la entrada y de 7.67 a la salida.

El índice de Biodegradabilidad a la salida del biodigestor es de 0.623 y a la salida del filtro intermitente de grava es de 0.831, demostrando con la teoría que es un agua residual biodegradable

5.2. EFICIENCIA DEL FILTRO INTERMITENTE DE GRAVA

Los resultados obtenidos en la tabla 28 y figuras 20, presentan la eficiencia de la unidad de tratamiento de la planta piloto propuesto. Se observa que, en la remoción de la materia orgánica, DBO5 y la demanda química de oxígeno, DQO el valor promedio es de 61.29% y 69.98% respectivamente. La cual es relativamente baja.

Se tiene una eficiencia baja en remoción de nutrientes, alcanzando valores máximos Nitrógeno Total de 31.91%.

Se tiene una eficiencia promedio en remoción de Sólidos Totales en Suspensión es de 53.23%.

En la figura N° 25, se observa la eficiencia de remoción de Coliformes Fecales o Termo tolerantes obteniéndose resultados óptimos en todos los muestreos, siendo la eficiencia máxima de 95.80%, y con una eficiencia mínima de 69.05% correspondiente al muestreo.

En la figura N° 26 la eficiencia del incremento del Oxígeno Disuelto tiene una remoción máxima de 68.75% y 50.13% como eficiencia mínima.

Los resultados obtenidos en la Planta Piloto, permiten evaluar el efluente como un tratamiento secundario utilizando como medio filtrante grava de ¼”, de forma tal que cumpla con la normativa para el vertido en un cuerpo receptor o un posible reusó.

5.3. CARACTERÍSTICAS DEL EFLUENTE DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE FILTRO INTERMITENTE DE GRAVA

El efluente del filtro intermitente de grava, al hacerle una comparación con el decreto supremo N° 003.2010-MINAM, Límite Máximo Permisible – LMP, cumplen con los resultados obtenidos en la planta piloto.

El caudal tratado es para una vivienda de 6 habitantes, considerando una dotación de 150 L/hab/día y una carga orgánica de 60 g/hab/día. En caso que se desee diseñar para una población mayor, se deberá redimensionar el sistema y verificar que se cuente con suficiente área para instalar el sistema.

Los resultados obtenidos durante la determinación de la eficiencia en la remoción de la materia orgánica, permiten reconsiderar los conceptos tradicionales utilizados para el diseño, construcción y evaluación de filtros intermitentes, permitiendo valorar su desempeño operativo.

Según los resultados obtenidos la hipótesis planteada **“Es eficiente un filtro intermitente de grava sin recirculación en planta piloto acondicionada en una**

vivienda de la ciudad de Huaraz.” Es aceptada debidos a la eficiencia en la remoción de los 6 parámetros investigados se observa la eficiencia máxima de la DBO es de 76.15%, para la DQO es de 76.53%, para los sólidos totales en suspensión es de 53.23%, para el Nitrógeno Total es de 31.91, para el Oxígeno Disuelto es de 68.75% y como eficiencia mayor es la de los coliformes fecales o termotolerantes es de 95.80%. cuyos resultados están por encima de los estipulados en la normativa vigente. RNE del 2006.

El siguiente tema de investigación es un diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales del tipo doméstico para poblaciones que no cuentan con un sistema de alcantarillado sanitario y/o planta de tratamiento de aguas residuales. El sistema propuesto se podría mejorar la eficiencia de remoción teniendo en cuenta la operación y el respectivo mantenimiento de todas las unidades propuestas en este trabajo de investigación.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- ✓ La hipótesis planteada en esta investigación es verdadera, ya que es eficiente el filtro intermitente de grava sin recirculación para tratar las aguas residuales de origen doméstico.
- ✓ los parámetros de diseño para el filtro intermitente de grava de ¼" obteniendo los siguientes resultados más relevantes:

Cuadro N° 30: Parámetros de Diseño.

Parámetros	resultados
Caudal de diseño Qm	0.43075 m ³ /día
Área efectiva del filtro intermitente	3.5 m ²
Ancho del filtro intermitente	1.75 m
Largo de filtro intermitente	1.75 m
Profundidad efectiva del filtro	0.5 m

Fuente: elaboración propia.

- ✓ los resultados obtenidos en el laboratorio de calidad ambiental de la UNASAM. Son, DBO promedio de 145.20 mg/L, a la entrada del filtro y 57.40 mg/L, a la salida del filtro, el DQO promedio es de 237.20 mg/L, a la entrada del filtro y 70.20 mg/L, solidos totales en suspensión su valor promedio 45.20 mg/L a la entrada del filtro y 28.20 mg/L, a la salida del filtro, para el nitrógeno total su valor promedio es de 38 mg/L, a la entrada del filtro y 30 mg/L, a la salida del filtro.
- ✓ El filtro intermitente de grava de ¼" es eficiente ya que superan los límites máximos permisibles para efluentes de plantas de tratamiento. Cabe señalar que el tipo de agua a tratar fue un agua residual de tipo doméstico, el cuadro N° 26 muestra la eficiencia del filtro intermitente de grava comparado con LMP.

Cuadro N° 31: Eficiencia del Filtro Intermitente de Grava comparado con LMP.

MUESTRA	DBO (mg/L)	DQO (mg/L)	COLIFORMES FECALES (NMP/100ml)	SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION (mg/L)	pH
L.M.P.	100	200	10,000	150	6.5-8.5
1	58.00	75.00	8,400.00	36.00	8.20
2	65.00	65.00	6,400.00	30.00	7.41
3	85.00	64.00	26,000.00	25.00	7.60
4	53.00	79.00	11,000.00	29.00	7.60
5	26.00	68.00	8,400.00	21.00	7.52

Fuente: elaboración propia.

Se observa en la tabla N° 30, que los parámetros de DBO, DQO, SOLIDOS TOTALES EN SUSPENSION Y pH, se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles, por lo que se puede asegurar que el diseño y construcción del filtro intermitente de grava de ¼”, es recomendable para el tratamiento de aguas residuales de origen doméstico.

- ✓ El agua residual generada en la vivienda unifamiliar, posee a la salida del filtro intermitente un índice de biodegradabilidad promedio de 0,831 permitiendo tratamientos biológicos, empleando como medio filtrante grava de ¼”.
- ✓ Aunque los resultados no igualen a un filtro con recirculación, el filtro diseñado y construido es una alternativa como tratamiento secundario para

viviendas unifamiliares o zonas rurales donde no llega el sistema de alcantarillado sanitario. Y siendo una unidad que no genera malos olores, no requiere del uso de energía externa, la construcción no es difícil y su mantenimiento puede considerarse sumamente fácil y eventual.

6.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Para realizar un buen dimensionamiento de un filtro o cualquier otro tipo de unidad de tratamiento, es sumamente necesario realizar varios aforos del afluente para construir una curva de caudal representativa que nos permita dimensionar correctamente
- ✓ Se recomienda mejorar el sistema de tratamiento planteado en esta tesis, debido a que en el Perú existen zonas rurales que no cuentan con un sistema de tratamiento de excretas.
- ✓ Se recomienda a la escuela profesional de ingeniería sanitaria de la UNASAM – que el centro de investigación de Tuyururi, se convierta en un centro de investigación e innovación de tecnologías apropiadas para afluentes de origen doméstico en comunidades con limitados recursos económicos.
- ✓ Se recomienda que en tiempo de invierno (lluvias), se coloque un protector al filtro intermitente de grava de $\frac{1}{4}$ ", para protección del medio filtrante, para obtener iguales resultados que en tiempo de estiaje.
- ✓ Es importante la operación y el mantenimiento del sistema de tratamiento, por lo que se debe efectuar periódicamente una revisión de las uniones para evitar posteriores fugas, cambiar el medio filtrante y el aporte de la carga orgánica que ingresa al biodigestor y con ello garantizar la calidad del efluente.

- ✓ Es importante que la planta piloto propuesta en esta tesis, se encuentre ubicado en un área que cuente con un cerco perimétrico, para evitar el contacto con animales y personas ajenas a la operación y mantenimiento.
- ✓ Se recomienda Realizar cambios al filtro para mejorar las eficiencias obtenidas del filtro construido. Como alternativa se podría evaluar aumentando el número de dosis de caudal diarias, o aumentando el caudal de entrada. Otra forma sería cambiando el medio filtrante, probablemente por grava de diámetro menor o por otro tipo de medio filtrante.
- ✓ En este estudio se recolectaron muestras puntuales, lo cual no es lo ideal. Se recomienda la toma de muestras de tipo compuestas para obtener resultados más confiables y reales.
- ✓ Se recomienda realizar la caracterización del afluente al biodigestor, para poder optar por un sistema de tratamiento adecuado, es importante conocer el índice de biodegradabilidad del afluente al biodigestor.
- ✓ se recomienda que se construya un sistema de pre tratamiento del afluente al biodigestor, para evitar la saturación de natas y grasas, se sugiere una trampa de grasas y natas.

CAPITULO VII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Crite, Ron; TCHOBANOGLUS, G. *Tratamiento de aguas residuales en pequeñas poblaciones*. Colombia: Mcgraw-Hill 2000. 739 p
- Metcalf & Eddy. *Ingeniería de aguas residuales*. Volumen 1 y 2. 3ª ed. México: MacGraw-Hill 1996, 1485 p.
- Medcaff & Edyy. *Ingeniería de aguas residuales*. México: Mc Graw Hill 1 996. 1 459 p.
- Anderson, Damann L.; SIEGRIST, Robert L.; OTIS, Richard J. *Technology Assessment of Intermittent Sand Filters*. Washington, DC. United States Environmental Protection Agency. 1992. 30 p.
- Romero Rojas, Jairo Alberto. *Tratamiento de aguas residuales*. 3ª ed. Colombia: Escuela Colombiana de ingeniería 2004. 1248 p.
- RAMÍREZ, Mario. *Evaluación de parámetros físicos y químicos de la planta piloto de tratamiento de aguas residuales del Barrio El Cangrejal, municipio de Puerto Barrios, departamento de Izabal*. Trabajo de graduación Maestría en Ciencias de Ingeniería Sanitaria. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos. Guatemala, julio 2003. 105 p.
- Romero Rojas, Jairo Alberto. *Tratamiento de aguas residuales*. 3ª ed. Colombia: Escuela Colombiana de ingeniería 2004. 1248 p.
- U.S. ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY, *Manual wastewater Treatment / disposal for small communities*. Washington, DC: EPA 1992. 110 p.
- ANDERSON, Damann L.; SIEGRIST, Robert L.; OTIS, Richard J. *Technology assessment of intermittent sand filters*. Washington, DC: EPA 1992. 30 p.

- SAMPIERI HERNANDEZ, Roberto; COLLADO-FERNANDEZ, Carlos y LUCIO BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 4ª ed. México: Mcgraw-Hill 2006. 265 p.
- docentes investigadores CUSCO, SETIEMBRE 2014. (Gilmar Mamani Callirgos y otros 2014)).
- El Perú en el Ranking Latinoamericano: Acceso a los Servicios de Agua Potable y Saneamiento 2010. (07 de Julio de 2013). DESARROLLO PERUANO. Obtenido de <http://desarrolloperuano.blogspot.com/2013/07/el-peru-en-el-ranking-latinoamericano.html>.
- (CEPIS/OPS-OMS 2002).
- Reglamento nacional de edificación I.S. 020.
- Decreto supremo N° 003-2010-MINAM (2010).
- Meza (2018), PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE FILTRO INTERMITENTE DE ARENA PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS EN LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA AM POWER (tesis licenciatura) universidad de Perú, Lima.
- Según Toapanta (2018), ANÁLISIS DE GRAVA COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LA LAVADORA Y TINTURADORA DE JEANS DAYANTEX, UBICADA EN EL CANTÓN PELILEO, PROVINCIA TUNGURAHUA (tesis licenciatura) universidad de Ecuador, Ambato.
- Vásconez (2018) ANÁLISIS DE LA PIEDRA PÓMEZ COMO FILTRO EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL CENTRO DE

FAENAMIENTO OCAÑA DEL CANTÓN QUERO (tesis licenciatura) universidad de Ecuador, Ambato.

- Página web: Autor, título, fecha de consulta y link de disponibilidad.

Kenby El Ecologi, ¿Qué es la DQO y la DBO?, 26/11/2015,
http://kenbi.eu/kenbipedia_3.php?seccion=kenbipedia&capitulo=3.

ANEXOS

ANEXO 1: PANEL FOTOGRÁFICO

Colocación del Biodigestor de 750 lt.



Nivelación del Biodigestor de 750 lt



Planta Piloto acondicionada en vivienda de la ciudad de Huaraz



Puesta en marcha de la Planta Piloto



Toma de Muestra del Afluente al Filtro Intermitente



Toma de Muestra al Efluente del Filtro Intermitente



**ANEXO 2: IMÁGENES DE RESULTADOS DE LABORATORIO OBTENIDOS
DEL LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL - UNASAM**



INFORME DE ENSAYO AG180222 -A

CLIENTE Razón Social : "EFICIENCIA DE UN FILTRO INTERMITENTE DE GRAVA SIN RECIRCULACIÓN EN PLANTA PILOTO ACONDICIONADA EN VIVIENDA DE LA CIUDAD DE HUARAZ - ANCASH, 2017"
 Dirección : Psje. Ciruelas S/N Mz 09, Lta. 10 Shancayan, Independencia - Huaraz
 Atención : Alejos Beltran Raul Cesar

MUESTRA Producto declarado : Agua Residual Doméstica
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : Descarga de Agua Residual Agua Residual Doméstica de la Vivienda Unifamiliar, que ingresa al Biodigestor, Av. Confraternidad Internacional Sur S/N, Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC180148 - A

MUESTREO Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM
 Referencia : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

LABORATORIO Fecha de recepción : 10/Julio/2018
 Fecha de análisis : 10 de Julio al 17 de Julio/2018
 Cotización N° : CO180405 - A

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	DES -ARD
					Fecha de muestreo	10/07/2018
					Hora de muestreo	10:45
					Código del Laboratorio	AG180293 - A
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B-Versión 2012	.....		6.70
SM 15	Oxígeno Disuelto (en Campo)	mg/l	APHA 4500- O G	0.01		0.70
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1		75
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU06	Nitrógeno Total	mg/l N	Digestión Koroleff, nitrospectral	0.5		65
CM	INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2		1100000
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B	1		298
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico	25		350

Legenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 17 de Julio de 2018



MSc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 804

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3502- 3501 - Cel. 944432754
 E-mail: labcam@hotmail.com



INFORME DE ENSAYO AG180417-A

CLIENTE Razón Social : EFICIENCIA DE UN FILTRO INTERMITENTE DE GRAVA SIN RECIRCULACIÓN EN PILOTO ACONDICIONADA EN VIVIENDA DE LA CIUDAD DE HUARAZ - ANCASH,
 Dirección : Psje. Ciruelas S/N Mz 09, Lte. 10 Shancayan, Independencia - Huaraz
 Atención : Alejos Beltran Raul Cesar

MUESTRA Producto declarado : E - FILTRO: Agua Residual Doméstica de Biodigestor
 : S - FILTRO: Agua Residual Doméstica de Filtro Intermitente
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : E - FILTRO: Entrada de Agua Residual Doméstica al Filtro Intermitente, Vivienda Unifamiliar, Av. Confraternidad Internacional Sur S/N, Distrito de Huaraz - Provincia de Huaraz - Ancash
 : S - FILTRO: Salida de Agua Residual Doméstica del Filtro Intermitente, Vivienda Unifamiliar Av. Confraternidad Internacional Sur S/N, Distrito de Huaraz - Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC180301 - A

MUESTREO Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM
 Referencia : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

LABORATORIO Fecha de recepción : 13 /Noviembre/2018
 Fecha de análisis : 13 de Noviembre al 20 de Noviembre/2018
 Cotización N° : CO180405 - A

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					Código del cliente	S - FILTRO
					E - FILTRO	S - FILTRO
					13/11/2018	13/11/2018
					10:15	11:00
					AG180585 - A	AG180586 - A
SM SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO						
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B-Versión 2012	.....	6.73	7.52
SM15	Oxígeno Disuelto (en Campo)	mg/l	APHA 4500- O G	0.01	1.40	4.48
FQ ANALISIS FISICOQUIMICOS						
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	38	21
NU ANALISIS DE NUTRIENTES						
NU06	Nitrógeno Total	mg/l N	Digestión Koroleff, nitrospectral	0.5	38	31
CM INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATOGENOS						
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	26000	8400
CB ANALISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUIMICO						
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B	1	109	26
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico	25	241	68

Legenda: APHA-Standard Method for Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 20 de Noviembre de 2018



MSC. Quim. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dicientes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perechibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚÑEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huaraz- Ancash, Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
 E-mail: labcam@hotmail.com



INFORME DE ENSAYO AG180407-A

CLIENTE Razón Social : *EFICIENCIA DE UN FILTRO INTERMITENTE DE GRAVA SIN RECIRCULACIÓN EN PILOTO ACONDICIONADA EN VIVIENDA DE LA CIUDAD DE HUARAZ - ANCASH,
 Dirección : Psje. Ciriuelas S/N Mz 09, Lte. 10 Shancayan, Independencia - Huaraz
 Atención : Alejos Beltran Raul Cesar

MUESTRA Producto declarado : E - FILTRO: Agua Residual Doméstica de Biogestor
 : S - FILTRO: Agua Residual Doméstica de Filtro Intermitente
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : E - FILTRO: Entrada de Agua Residual Doméstica al Filtro Intermitente, Vivienda Unifamiliar, Av. Confraternidad Internacional Sur S/N, Distrito de Huaraz - Provincia de Huaraz - Ancash
 : S - FILTRO: Salida de Agua Residual Doméstica del Filtro Intermitente, Vivienda Unifamiliar Av. Confraternidad Internacional Sur S/N, Distrito de Huaraz - Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC180296 - A

MUESTREO Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM
 Referencia : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

LABORATORIO Fecha de recepción : 30/Octubre/2018
 Fecha de análisis : 30 de Octubre al 08 de Noviembre/2018
 Cotización N° : CO180405 - A

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					E - FILTRO	S - FILTRO
					Fecha de muestreo	30/10/2018
					Hora de muestreo	10:10
					Código del Laboratorio	AG180585 - A
						AG180586 - A
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B- Versión 2012	.....	7.00	7.60
SM 15	Oxígeno Disuelto (en Campo)	mg/l	APHA 4500- O G	0.01	1.85	3.71
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	62	29
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU06	Nitrógeno Total	mg/l N	Digestión Koroleff, nitrospectral	0.5	42	32
CM	INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	44000	11000
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B	1	152	53
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico	25	216	79

Legenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 08 de Noviembre de 2018



Msc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
 Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huaraz-Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3502- 3501 - Cel. 944432754

FI-001/Versión: 01/F.E: 22-03-10

E-mail: labfcam@hotmail.com

Página 1 de 1



INFORME DE ENSAYO AG180396 -A

CLIENTE **Razón Social** : "EFICIENCIA DE UN FILTRO INTERMITENTE DE GRAVA SIN RECIRCULACIÓN EN PILOTO ACONDICIONADA EN VIVIENDA DE LA CIUDAD DE HUARAZ - ANCASH,
Dirección : Psje. Ciruelas S/N Mz 09, Lte. 10 Shancayan, Independencia - Huaraz
Atención : Alejos Beltran Raul Cesar

MUESTRA **Producto declarado** : E - FILTRO: Agua Residual Doméstica de Biodigestor
 : S - FILTRO: Agua Residual Doméstica de Filtro Intermitente
Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
Procedencia : E - FILTRO: Entrada de Agua Residual Doméstica al Filtro Intermitente, Vivienda Unifamiliar, Av. Confraternidad Internacional Sur S/N, Distrito de Huaraz - Provincia de Huaraz - Ancash
 : S - FILTRO: Salida de Agua Residual Doméstica del Filtro Intermitente, Vivienda Unifamiliar Av. Confraternidad Internacional Sur S/N, Distrito de Huaraz - Provincia de Huaraz - Ancash
Ref./Condición : Cadena de Custodia CC180286 - A

MUESTREO **Responsable** : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM
Referencia: : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

LABORATORIO **Fecha de recepción** : 09/Octubre/2018
Fecha de análisis : 09 de Octubre al 16 de Octubre/2018
Colización N° : CO180405 - A

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					E - FILTRO	S - FILTRO
					Código del cliente	
					Fecha de muestreo	09/10/2018
					Hora de muestreo	10:05
					Código del Laboratorio	AG180570 - A
					AG180571 - A	
SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO						
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H* B-Versión 2012	.....	7.10	7.20
SM 15	Oxígeno Disuelto (en Campo)	mg/l	APHA 4500- O G	0.01	1.68	4.34
ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS						
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	30	25
ANÁLISIS DE NUTRIENTES						
NU06	Nitrógeno Total	mg/l N	Digestión Koroleff, nitrospectral	0.5	29	26
INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATOGENOS						
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	84000	26000
ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO						
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B	1	166	85
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico	25	198	64

Legends: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

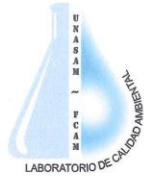
Huaraz, 16 de Octubre de 2018



Msc. Quím. Mario Leyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huaraz-Ancash, Telef. 043 840020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
 E-mail: labfcam@hotmail.com



INFORME DE ENSAYO AG180328 - A

CLIENTE Razón Social : "EFICIENCIA DE UN FILTRO INTERMITENTE DE GRAVA SIN RECIRCULACIÓN EN PILOTO ACONDICIONADA EN VIVIENDA DE LA CIUDAD DE HUARAZ - ANCASH,
Dirección : Alejos Beltran Raul Cesar
Atención :

MUESTRA Producto declarado : E - FILTRO: Agua Residual Doméstica de Biodigestor
: S - FILTRO: Agua Residual Doméstica de Filtro Intermitente
Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
Procedencia : E - FILTRO: Entrada de Agua Residual Doméstica al Filtro Intermitente, Vivienda Unifamiliar, Av. Confraternidad Internacional Sur S/N, Distrito de Huaraz - Provincia de Huaraz - Ancash
: S - FILTRO: Salida de Agua Residual Doméstica del Filtro Intermitente, Vivienda Unifamiliar Av. Confraternidad Internacional Sur S/N, Distrito de Huaraz - Provincia de Huaraz - Ancash
Ref./Condición : Cadena de Custodia CC180226 - A

MUESTREO Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM
Referencia : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

LABORATORIO Fecha de recepción : 11/Septiembre/2018
Fecha de análisis : 11 de Septiembre al 18 de Septiembre/2018
Cotización N° : CO180405 - A

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					E - FILTRO	S - FILTRO
					Código del cliente	
					Fecha de muestreo	11/09/2018
					Hora de muestreo	10:15
					Código del Laboratorio	AG180478 - A
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B-Versión 2012	.....	7.00	7.41
SM 15	Oxígeno Disuelto (en Campo)	mg/l	APHA 4500- O G	0.01	1.84	4.10
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FQ29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	46	30
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU06	Nitrógeno Total	mg/l N	Digestión Koroleff, nitrospectral	0.5	34	29
CM	INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	110000	64000
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B	1	173	74
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico	25	277	65

Legenda: APHA: Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 18 de Septiembre de 2018



MSc. Quím. Mario Leyva Colias
Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
FCAM - UNASAM
CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental.
Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirmentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.



INFORME DE ENSAYO AG180290 - A

CLIENTE Razón Social : "EFICIENCIA DE UN FILTRO INTERMITENTE DE GRAVA SIN RECIRCULACIÓN EN PILOTO ACONDICIONADA EN VIVIENDA DE LA CIUDAD DE HUARAZ - ANCASH,
 Dirección : Peje - Ciuselas S/N Mz 09, Lte. 10 Shancayan, Independencia - Huaraz
 Atención : Alejos Beltran Raul Cesar

MUESTRA Producto declarado : E - FILTRO: Agua Residual Doméstica de Biodigestor
 : S - FILTRO: Agua Residual Doméstica de Filtro Intermitente
 Matriz : Aguas Residuales - Agua Residual Doméstica
 Procedencia : E - FILTRO: Entrada de Agua Residual Doméstica al Filtro Intermitente, Vivienda Unifamiliar, Av. Confraternidad Internacional Sur S/N, Distrito de Huaraz - Provincia de Huaraz - Ancash
 : S - FILTRO: Salida de Agua Residual Doméstica del Filtro Intermitente, Vivienda Unifamiliar Av. Confraternidad Internacional Sur S/N, Distrito de Huaraz - Provincia de Huaraz - Ancash
 Ref./Condición : Cadena de Custodia CC180197 - A

MUESTREO Responsable : Área de Monitoreo Ambiental de la UNASAM
 Referencia : Protocolo de Monitoreo de Agua N° RM-001

LABORATORIO Fecha de recepción : 21/Agosto/2018
 Fecha de análisis : 21 de Agosto al 28 de Agosto/2018
 Cotización N° : CO180405 - A

CÓD.	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO	LÍMITE DE DETECCIÓN	MUESTRA	
					E - FILTRO	S - FILTRO
					Código del cliente	
					Fecha de muestreo	21/08/2018
					Hora de muestreo	10:00
					Código del Laboratorio	AG180404 - A
SM	SERVICIOS DE MUESTREO Y MEDICIÓN EN CAMPO					
SM13	pH (en campo)	Unid. pH	APHA 4500-H ⁺ B- Versión 2012		7.40	8.20
SM15	Oxígeno Disuelto (en Campo)	mg/l	APHA 4500- O G	0.01	0.90	2.28
FQ	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS					
FC29	Sólidos totales en suspensión	mg/l	APHA 2540 D	1	50	36
NU	ANÁLISIS DE NUTRIENTES					
NU06	Nitrógeno Total	mg/l N	Digestión Koroleff, nitrospectral	0.5	47	32
CM	INDICADORES DE CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA E IDENTIFICACIÓN DE PATÓGENOS					
CM05	Coliformes fecales o termotolerantes	NMP/100 ml	APHA 9221 C	2	200000	84000
CB	ANÁLISIS DE INDICADORES DE CONTAMINACIÓN BIOQUÍMICO					
CB01	Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/l DBO ₅	APHA 5210 B	1	126	58
CB02	Demanda Química de Oxígeno	mg/l DQO	Oxidación ácido cromosulfúrico	25	254	75

Leyenda: APHA-Standard Method for the Examination of Water and Wastewater, 22 nd. Edition-2012

Huaraz, 28 de Agosto de 2018

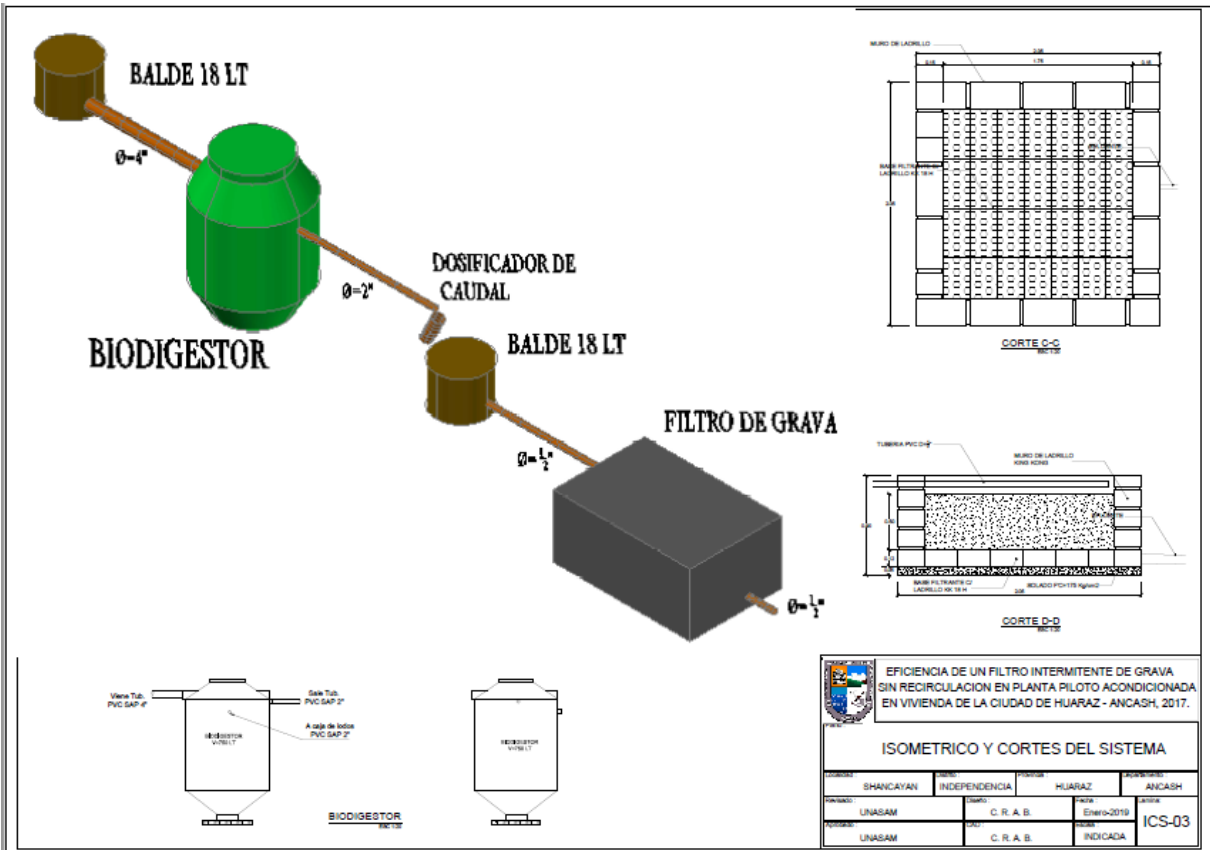


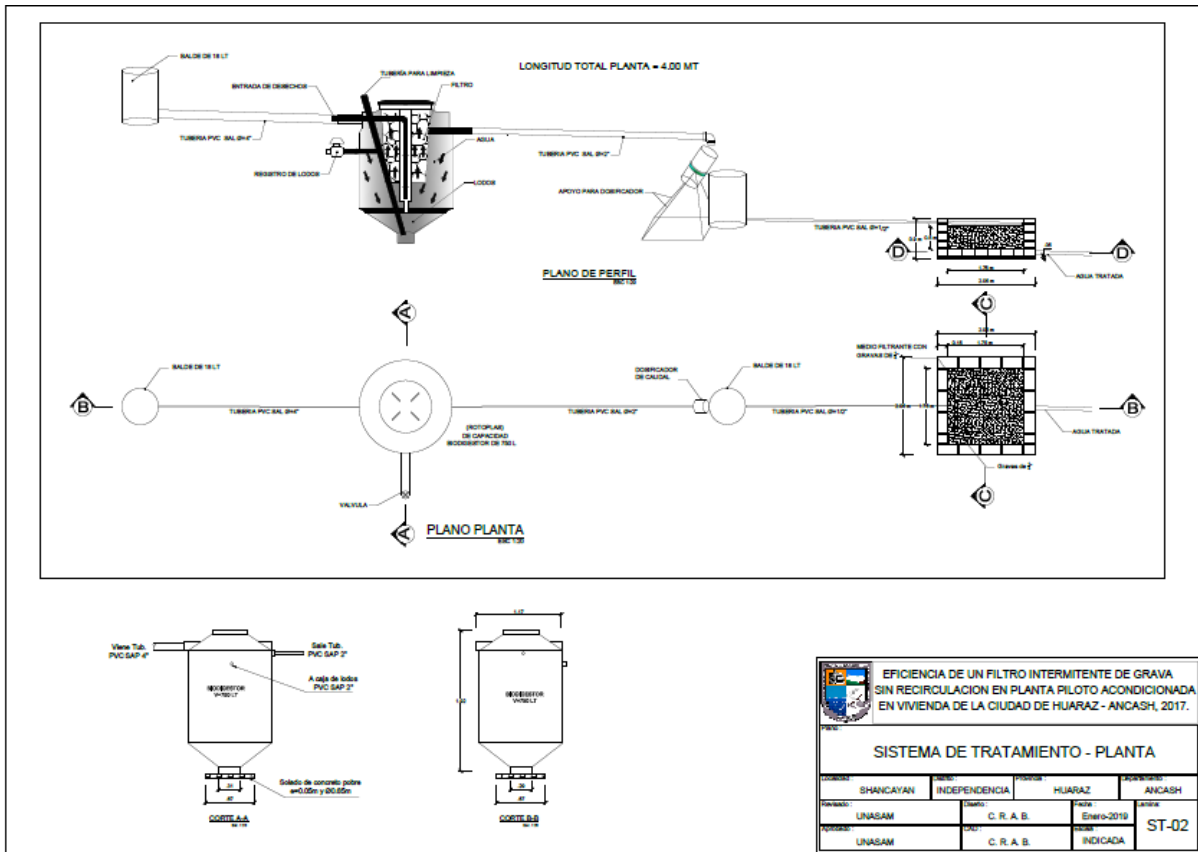
Msc. Quím. Mario Loyva Collas
 Jefe del Laboratorio de Calidad Ambiental
 FCAM - UNASAM
 CQP N° 604

Está prohibida la reproducción de este informe salvo autorización del Laboratorio de Calidad Ambiental. Los resultados son válidos sólo para las muestras analizadas en el mismo. Las contramuestras o muestras dirimentes se conservarán de acuerdo a su tiempo de perecibilidad.

LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL
 FACULTAD DE CIENCIAS DEL AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL "SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO"
 Av. Centenario N°200-Huaraz-Ancash. Telef. 043 640020 - Anexos: 3602- 3501 - Cel. 944432754
 E-mail: labfcam@volmail.com

ANEXO 3: IMÁGENES DE LOS PLANOS





EFICIENCIA DE UN FILTRO INTERMITENTE DE GRAVA SIN RECIRCULACION EN PLANTA PILOTO ACONDICIONADA EN VIVIENDA DE LA CIUDAD DE HUARAZ - ANCASH, 2017.			
SISTEMA DE TRATAMIENTO - PLANTA			
PROBLEMA	UBICACION	PROYECTISTA	PROYECTADO EN
SHANCAIYAN	INDEPENDENCIA	HUARAZ	ANCASH
PROYECTADO POR	PROYECTADO POR	FECHA	OTRO
UNASAM	C. R. A. B.	Enero-2019	
PROYECTADO POR	PROYECTADO POR	FECHA	OTRO
UNASAM	C. R. A. B.	INDICADA	ST-02