



**UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

TESIS

**TRATAMIENTO PILOTO DE AGUAS GRISES DOMÉSTICAS
PARA REÚSO EN INODOROS Y ÁREAS VERDES**

PRESENTADO POR EL BACHILLER

Nelson Jaime Lara Cabrera

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

TRUJILLO - PERÚ

2017

DEDICATORIA

A DIOS;

Por ser fuente de fortaleza para lograr las metas propuestas guiándome para ir por el buen camino, para seguir adelante y no desmayar ante las adversidades, encarándolas con dignidad, honradez y humildad.

A mis padres;

Por ser las personas que han entregado gran parte de su vida para velar por mi bienestar y se constituyeron en el pilar de mi desarrollo personal y profesional, ellos con su permanente preocupación y sabios consejos me otorgan la confianza y seguridad de que siempre estarán allí, desde el lugar donde este. A ellos mi eterna gratitud y comprometiéndome a no defraudarlos y seguir por el camino del bien en esta etapa de mi vida profesional

A mis hermanos;

Por el constante apoyo brindado y ser unos pilares importantes para alcanzar los objetivos propuestos. Sé que siempre estarán conmigo y siempre estaré a la vanguardia de ser cada día mejor para servir a la sociedad y ser el orgullo de ustedes

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis docentes, profesionales que con sus conocimientos y experiencias transmitidas me han permitido tomar conciencia de la difícil realidad que experimenta nuestro planeta, fundamentalmente por impacto del cambio climático, y valorar nuestros recursos naturales, para promover acciones hacia su uso eficiente y lograr su sostenibilidad.

Quiero expresar un reconocimiento especial a todas aquellas personas, compañeros de estudios y trabajo, profesionales y amigos, que han contribuido con sus conocimientos, consejos e información, para lograr un producto que estoy seguro contribuirá en beneficio del uso de un recurso natural tan importante para la vida y bienestar de las personas, como es el agua.

El autor

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
TABLA DE CONTENIDOS	4
ÍNDICE DE GRÁFICOS	7
ÍNDICE DE TABLAS	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	
1.1 Descripción de la Realidad Problemática.	12
1.2 Delimitaciones y Definición del Problema.	13
1.2.1. Delimitación del Problema.	13
1.2.2. Definición del Problema.	15
1.3 Formulación del Problema.	16
1.4 Objetivo de la Investigación.	16
1.4.1. Objetivo General.	16
1.4.2. Objetivos Específicos.	16
1.5 Hipótesis de la investigación.	17
1.6 Variables e Indicadores.	17
1.6.1. Variable Independiente.	17
1.6.1. Variable Dependiente.	18
1.7 Viabilidad de la investigación.	19
1.7.1. Viabilidad Técnica.	19
1.7.2. Viabilidad Operativa.	20
1.7.3. Viabilidad Económica.	20
1.8 Justificación e Importancia de la Investigación.	20
1.8.1. Justificación.	20
1.8.2. Importancia.	21

1.9	Limitaciones de la Investigación.	22
1.10	Tipo y Nivel de la Investigación.	22
1.10.1.	Tipo de Investigación.	22
1.10.2.	Nivel de Investigación.	22
1.11	Método y Diseño de la investigación.	23
1.11.1.	Método de Investigación.	23
1.11.2.	Diseño de Investigación.	23
1.12	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Información.	23
1.12.1.	Técnicas.	23
1.12.2.	Instrumentos.	33
1.13	Cobertura de Estudio.	34
1.13.1.	Universo.	34
1.13.2.	Muestra.	34

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la Investigación.	35
2.2	Marco Histórico.	38
2.3	Marco Conceptual.	49
2.3.1.	Aguas Grises.	49
2.3.2.	Sistemas de Tratamiento de Aguas Grises.	51

CAPÍTULO III: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

3.1.	Generalidades.	53
3.1.1.	Marco Normativo vinculado al agua tipo 3.	53
3.2.	Estudio de Factibilidad.	54
3.2.1.	Factibilidad Técnica.	54
3.2.2.	Factibilidad Operativa.	54
3.2.3.	Factibilidad Económica.	55
3.3.	Diseño de la Herramienta.	55

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1.	Análisis de Resultados.	56
------	-------------------------	----

4.1.1. Resultados del pre Test y post Test.	56
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1. Conclusiones.	66
5.2. Recomendaciones.	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
ANEXOS	70
GLOSARIO DE TÉRMINOS	75

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO 1: Resultados de los análisis de laboratorio del DBO en Sistema de Tratamiento piloto de aguas grises.	57
GRAFICO 2: Resultados de los análisis de laboratorio del DQO en Sistema de Tratamiento piloto de aguas grises.	58
GRAFICO 3: Resultados de los análisis de laboratorio de Solidos Sedimentables Totales en Sistema de Tratamiento piloto de aguas grises.	59
GRAFICO 4: Resultados de los análisis de laboratorio de Cloruros en Sistema de Tratamiento piloto de aguas grises.	60
GRAFICO 5: Resultados de los análisis de laboratorio de Fluoruros en Sistema de Tratamiento piloto de aguas grises.	61
GRAFICO 6: Resultados de los análisis de laboratorio del Nitritos en Sistema de Tratamiento piloto de aguas grises.	62
GRAFICO 7: Resultados de los análisis de laboratorio del Nitratos en Sistema de Tratamiento piloto de aguas grises.	63
GRAFICO 8: Resultados de los análisis de laboratorio de Fosfatos en Sistema de Tratamiento piloto de aguas grises.	64
GRAFICO 9: Resultados de los análisis de laboratorio de Sulfatos en Sistema de Tratamiento piloto de aguas grises.	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Alícuotas tomadas de acuerdo al % de dilución.	27
Tabla 2. Cantidades de reactivo y normalidades para diferentes cantidades de muestra.	30
Tabla 3. Parámetros de interés en el agua residual municipal.	43
Tabla 4. Normas para la calidad del agua potable en Guatemala.	45
Tabla 5. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales D.S. 002-2008-MINAM.	46
Tabla 6. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales D.S. 015-2015-MINAM.	47
Tabla 7. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales D.S. 002-2008-MINAM para estudio de proyecto	53
Tabla 8. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales D.S. 015-2015-MINAM para estudio de proyecto	53
Tabla 9. Resultados de los análisis de laboratorio del Sistema de Tratamiento piloto de aguas grises.	56

RESUMEN

El presente trabajo se refiere específicamente al diseño y construcción de un Sistema piloto para el tratamiento de aguas grises provenientes de duchas, lavamanos, lavatrastos y otros para el reúso en inodoros y riego de áreas verdes.

La investigación plantea como objetivo: Proponer y validar un sistema piloto de tratamiento de aguas grises para reducir el consumo de agua potable, reutilizando las aguas grises domésticas en una vivienda de la ciudad de Trujillo, bajo condiciones sanitarias seguras.

El problema identificado para desarrollar la presente tesis, es por la necesidad que existe de implementar un Sistema Piloto de Tratamiento de Aguas Grises teniendo en cuenta que actualmente en construcción civil se construyen viviendas y oficinas las cuales no están diseñadas para reusar el agua residual, por lo cual queremos poner en marcha un sistema piloto de tratamiento de aguas residuales en la fuente y de esta manera evitar en lo posible el desperdicio de agua ya que puede ser utilizado para otros menesteres.

Con los resultados obtenidos se determinó que un Sistema piloto de tratamiento de aguas grises permite reusar el agua para uso en inodoros y riego de áreas verdes.

Se realizó el análisis de los parámetros físico químicos a la entrada y salida del sistema con la finalidad de evaluar la eficiencia del tratamiento de las aguas grises.

Con los resultados obtenidos pudimos comparar con los Estándares de Calidad Ambiental y que nos garantizan que es factible utilizarlo como agua tipo 3 para reúso en inodoros y riego de áreas verdes.

Palabras clave: Sistema piloto, tratamiento de aguas grises, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y parámetros físico-químicos.

ABSTRACT

The present work refers specifically to the design and construction of a pilot system for the treatment of gray water from showers, sinks, kitchen sink and others for the reuse of these waters in toilets and irrigation of green areas.

The research aims to: Propose and validate a pilot gray water treatment system to reduce the consumption of drinking water, reusing gray domestic water in a housing in the city of Trujillo, under safe sanitary conditions.

The problem identified to develop this thesis is the need to implement a Gray Water Treatment Pilot System considering that currently in civil construction are built houses and offices which are not designed to reuse wastewater, for Which we want to put in place a pilot system of wastewater treatment at the source and in this way avoid waste water as much as possible as it can be used for other purposes.

With the results obtained it was determined that a pilot system of gray water treatment allows to reuse the water for use in toilets and irrigation of green areas.

The analysis of the physical chemical parameters was carried out at the entrance and exit of the system in order to evaluate the treatment efficiency of gray water.

With the results obtained we were able to compare with the Environmental Quality Standards and they guarantee us that it is feasible to use it as type 3 water for reuse in toilets and irrigation of green areas.

Key words: Pilot system, gray water treatment, Environmental Quality Standards (ECA) and physical-chemical parameters.

INTRODUCCIÓN

Actualmente el agua es un recurso escaso, que se acentúa con problemas mundiales como el calentamiento global, la sobrepoblación, la generación de residuos sólidos, la contaminación entre otros problemas medioambientales. El ahorro de agua es primordial en todos los procesos humanos y aún más el agua potable, puesto que, es fundamental para economizarla en cualquier ecosistema humano o comunidad, sobre todo en áreas donde los servicios de suministro público de agua suelen ser costoso y muchas veces hasta irregular y de precaria calidad.

La escasez de los recursos hídricos son características comunes en diferentes países de Latinoamérica. Sin embargo, actualmente se está avizorando un notable auge en la reutilización de aguas residuales domésticas tratadas para el riego de algunos cultivos de tallo alto, bebida para animales, jardines públicos y privados y campos agrícolas, así como también para refrigeración industrial y/o recarga de acuíferos superficiales y subterráneos, entre otros reúsos.

Con el presente proyecto de investigación, se pretende aportar a la ciencia y a la tecnología con la finalidad de responder a una necesidad humana de recuperar el agua para otros usos evitando así la utilización de agua potable. Por lo tanto, se propone implementar un sistema de reutilización de aguas residuales doméstica, en donde el agua generada de duchas, lavamanos y lavatrastos sirvan para abastecer el tanque del inodoro, riego de jardines, entre otros usos.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Todas las limitantes que tenemos en la actualidad con el recurso agua han hecho necesario que el hombre genere muchos diseños y modelos para aprovechar las aguas residuales domesticas e industriales con fines agroecológicos para así obtener un mejor aprovechamiento de las características fertilizantes del agua residual, sin causar problemas de contaminación de suelos, aguas y posibles transmisiones en procesos de bioacumulación y biomagnificación de sustancias tóxicas a través de la cadena alimenticia.

La escasez de agua potable debida a la poca disponibilidad del recurso, los aspectos económicos para el tratamiento, la identificación y aprovechamiento de nuevas fuentes para el abastecimiento de agua de buena calidad y sumado a esto los serios problemas en la disposición de las aguas residuales; es por ello son contemplados en este proyecto para fundamentar técnicamente la aplicación de aguas residuales en la agricultura.

Hoy en día existen varios documentos en los que se han propuesto modelos para la reutilización de las aguas residuales domesticas e industriales, entre los cuales se encuentra, por ejemplo Salazar (2003) de PROARCA/SIGMA de Guatemala en su revista titulada: *“Guía para el Manejo de Excretas y Aguas Residuales Municipales”*, donde el propósito es proveer una orientación para líderes que toman decisiones de alternativas técnicas, institucionales, y financieras para el manejo y tratamiento de aguas residuales individuales y de cascos urbanos de tamaño pequeño a mediano,

y con ello ofrecer un liderazgo capacitado para mejorar el manejo de aguas residuales.

Es por todo esto que, con el presente proyecto de investigación pretendemos aplicar un modelo piloto para el tratamiento del agua residual domestica proveniente de lavamanos, duchas y lavadora para su reúso en la agricultura, jardinería, bebida de animales, etcétera; mediante un tratamiento barato y fácil de operar, y fundamentalmente que no tenga efectos nocivos en el suelo, agua y la productividad en jardinería y agricultura.

1.2. DELIMITACIONES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Delimitación Del Problema

A. Delimitación Espacial

La presente investigación se desarrolló de manera piloto en el domicilio del tesista, ubicado en la calle: 6 de enero del distrito de La Esperanza Provincia de Trujillo Departamento de la Libertad, la cual se encuentra a una altitud media de 34 m.s.n.m.

Sin embargo, el alcance de los fundamentos conceptuales y técnicos son de aplicación a las diferentes viviendas del distrito de Nueva Esperanza, Provincia de Trujillo departamento de la Libertad.

B. Delimitación Temporal

El presente estudio estuvo delimitado por el tiempo; su duración fue de 05 meses desde diciembre del 2016 hasta abril del año 2017, las pruebas, monitoreos y análisis de la

calidad del agua se realizaron entre los meses de febrero y marzo del año 2017.

C. Delimitación Social

El presente proyecto de investigación involucra a los miembros de mi familia puestos que se realizará con las aguas residuales provenientes de los lavamanos, duchas y lavadora de mi vivienda; sin embargo, será de beneficio y aplicación para diferentes familias de la población de la zona.

D. Delimitación Conceptual

Esta investigación abarca conceptos fundamentales como la satisfacción de necesidades para un mejor tratamiento y reúso de las aguas residuales domesticas en la fuente, el acceso a aguas de mejor calidad para diferentes usos como la de tipo 3 para bebida de animales y riego agrícola.

El estudio está delimitado por el marco conceptual de las variables:

1. Tecnología de información:

Para realizar la presente investigación se ha recurrido a las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), como utilización de páginas de investigación científicas, además es significativo el uso del internet, páginas web y redes sociales.

2. Gestión del Proceso escogido:

Para el desarrollo del presente estudio se ha explorado información sobre la temática del manejo de las fuentes de aguas grises provenientes de lavadora, lavamanos y duchas y su posible tratamiento para el reúso para ser utilizados en Inodoros y riego.

1.2.2. Definición Del Problema

Actualmente en construcción civil se construyen viviendas y oficinas las cuales no están diseñadas para reusar el agua residual, por lo cual queremos poner en marcha un sistema piloto de tratamiento de aguas residuales en la fuente y de esta manera evitar en lo posible el desperdicio de agua ya que puede ser utilizado para otros menesteres.

El sistema propuesto, entre otros aspectos, permitirá dar respuesta a las interrogantes siguientes:

- ▶ ¿El sistema es adaptable a objetivos estratégicos?
- ▶ ¿El sistema permite conocer las etapas para el monitoreo de las aguas grises y gestionar la información para toma de decisiones?
- ▶ ¿El sistema permite identificar los puntos de muestreo y parámetros a monitorear acorde a las exigencias normativas para agua para riego de áreas verdes?
- ▶ ¿El sistema permite identificar indicadores claves para evaluación?

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué efecto tiene la aplicación de un sistema piloto de tratamiento de aguas grises domésticas para reuso en inodoros y áreas verdes en la ciudad de Trujillo?

1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general:

Proponer y validar un sistema piloto de tratamiento de aguas grises para reducir el consumo de agua potable, reutilizando las aguas grises domésticas en una vivienda de la ciudad de Trujillo, bajo condiciones sanitarias seguras.

1.4.2. Objetivos específicos:

- a) Proponer y validar un sistema piloto de tratamiento de aguas grises que reduzca el consumo de agua potable y permita su reutilización de manera segura y controlada.
- b) Caracterizar y evaluar los parámetros físico-químicos los efluentes residuales de entrada al sistema piloto de tratamiento de aguas grises.
- c) Caracterizar y evaluar los parámetros físico-químicos los efluentes residuales de salida del sistema piloto de tratamiento de aguas grises.
- d) Caracterizar y evaluar los parámetros físico-químicos y nutricionales los restos sólidos producto del tratamiento de las aguas grises.

- e) Comparar los datos obtenidos con los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para aguas tipo 3 según D.S. N° 002-2008-MINAM y su modificatoria según D.S. N° 015-2015-MINAM.

1.5. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. Hipótesis general:

Proponer y validar un sistema piloto de tratamiento de aguas grises para reducir el consumo de agua potable, reutilizando las aguas residuales domésticas en una vivienda de la ciudad de Trujillo, bajo condiciones sanitarias seguras.

1.6. VARIABLES E INDICADORES

1.6.1. Variable Independiente:

Sistema piloto de tratamiento de aguas.

A. Definición Operacional:

Conjunto de componentes hidráulicos; de unidades de procesos físicos, químicos y biológicos; y de equipos electromecánicos y métodos de control que tiene la finalidad de depurar el agua y sea apta para otros fines.

Como indica Rigola (1999) en “Tratamiento de Aguas Industriales”, la selección del tratamiento suele requerir ensayos previos de laboratorio o planta piloto. Los ensayos fisicoquímicos son de relativa rapidez, pero los biológicos pueden requerir varios meses hasta tener resultados fiables.

Aguas grises: Es el agua residual producida de lavaderos, duchas, pilas, etc. Su característica principal es que contiene grandes cantidades de jabón (Salazar, 2003).

B. Indicador:

Sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), nitratos, fosfatos, Nitritos, Cloruros, fosfatos y sulfatos.

▶ **Índices:**

- ▶ SST: mg/L
- ▶ DBO: mg/L.
- ▶ DQO: mg/L.
- ▶ Nitratos: mg/L.
- ▶ Fosfatos: mg/L
- ▶ Nitritos: mg/L
- ▶ Fluoruros: mg/L.
- ▶ Cloruros: mg/L
- ▶ Sulfatos: mg/L

1.6.2. Variable dependiente:

Reúso o reutilización de las aguas grises.

A. Definición Operacional:

Acción y efecto de reutilizar. Utilizar algo, ya sea con la función que desempeñaba anteriormente o con otros fines (Raluy, 1991).

Para nuestro caso el sistema realiza un tratamiento de aguas grises con la finalidad de poderlo reusar en inodoros o para uso de riego de áreas verdes

B. Indicador:

Sólidos suspendidos Totales, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), nitratos, fosfatos, Nitritos, Cloruros, fosfatos y sulfatos.

▶ **Índices:**

- ▶ SST: mg/L.
- ▶ DBO: mg/L.
- ▶ DQO: mg/L.
- ▶ Nitratos: mg/L.
- ▶ Fosfatos: Mg/L
- ▶ Nitritos: mg/L
- ▶ Fluoruros: mg/L.
- ▶ Cloruros: mg/L
- ▶ Sulfatos: mg/L

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. Viabilidad técnica

El estudio tuvo viabilidad técnica en la medida que fue posible aplicar las técnicas e instrumentos de recolección de datos y análisis de muestras para obtener información relevante del estudio, procesarla, analizarla y llegar a formular conclusiones de interés técnico-científico.

Se ha contado con el profesional con la capacidad técnica y cognoscitiva para la conceptualización del modelo, diseño del sistema y herramienta de implementación.

1.7.2. Viabilidad operativa

El proyecto es viable operativamente puesto que es posible desarrollar e implementar el sistema piloto de tratamiento de agua dentro de los procesos propios del estudio del proyecto que se está llevando a cabo. Dada la naturaleza experimental del proyecto, este es completamente viable.

1.7.3. Viabilidad económica

El proyecto es viable en la medida que los costos que ocasione la ejecución del proyecto serán autofinanciados por el autor, dadas las razones académicas, es posible poner en práctica el proyecto con un bajo costo pues se tratara de utilizar material de reúso.

1.8. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.8.1. Justificación

A. Justificación Teórica:

El presente proyecto de investigación se justifica teóricamente; puesto que, es posible diseñar, calcular y dimensionar un sistema de tratamiento de aguas grises para la reutilización del agua tratada.

B. Justificación Metodológica:

El proyecto se justifica por el uso de la metodología de la investigación científica, por lo tanto, se deberá cumplir con

los procesos establecidos como la formulación del problema hasta las conclusiones o recomendaciones.

C. Justificación Práctica:

El presente proyecto permite conocer la realidad que está atravesando nuestro medio humano en el que vivimos, con lo cual demostraremos como realizar y elaborar sistemas para reúso de aguas grises y que contribuirá con el cuidado de este recurso natural teniendo en cuenta que contribuye al logro de beneficios económicos, ambientales y sociales para la población involucrada.

D. Justificación Social:

El estudio permitirá mejorar las relaciones sociales, académicas y económicas de nuestra comunidad, y de la sociedad en su conjunto.

E. Justificación Ambiental:

El presente trabajo de investigación permitirá conocer el funcionamiento de un sistema piloto de tratamiento de aguas grises, demostrándose su eficiencia para el reúso del agua en nuestro ecosistema humano.

1.8.2. Importancia

La importancia del presente trabajo de investigación radica en la validación del diseño de un sistema de tratamiento piloto de aguas residuales grises generados a nivel doméstico, cuyo efluente sea reaprovechado para otros usos, evitando de esta

manera el despilfarro del recurso hídrico y generando un ahorro sustancial del coste por consumo de agua.

1.9. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Las limitaciones que se presentaron fueron las siguientes:

- a) Dificultad en la disponibilidad de laboratorio, reactivos y equipos de medición.
- b) Dificultad en el tiempo de obtención de datos.
- c) Escasa disponibilidad bibliográfica.

1.10. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

1.10.1. Tipo de Investigación:

Aplicada, siendo que la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación. El uso del conocimiento y los resultados de investigación que da como resultado una forma rigurosa, organizada y sistemática de conocer la realidad. (Murillo, W, 2008).

1.10.2. Nivel de Investigación:

Por la naturaleza del estudio, corresponde al nivel Experimental, de acuerdo al grado de profundidad con el que se va a realizar la investigación (Sampieri, Fernández, Baptista, 2010).

1.11. MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.11.1. Método de la Investigación:

Se aplicó el método Inductivo – deductivo, analítico - sintético e histórico - crítico; considerando la naturaleza del trabajo de investigación. Es más, para el recojo, procesamiento y análisis e interpretación se aplicó las herramientas y técnicas de la Estadística descriptiva e Inferencial.

1.11.2. Diseño de la Investigación:

El diseño empleado en la investigación es pre experimental, donde no se realizará la manipulación deliberada de variables, en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos y los datos serán recolectados en un tiempo único (Sampieri, Fernández, Baptista, 2014).

El esquema es el siguiente:

Se recolectan datos y se describe categoría, concepto y variable (X_1).

Se recolectan datos y se describe categoría, concepto y variable (X_2).

1.12. TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

1.12.1. Técnicas:

A. Observación: Que consiste en trabajo de campo que es el contacto directo del investigador con la realidad, para la obtención de datos. (Hernández, 2014).

- B. Evaluación:** Permite obtener información sobre el Pre y del Post test, como resultados de haber aplicado el tratamiento piloto de las aguas grises en los diferentes procesos de estudio.

PROCEDIMIENTO PARA OBTENCIÓN DE DBO

Preparación del agua de dilución

- Medir el volumen de agua destilada necesaria para realizar el análisis de DBO₅ (10 a 20 L aproximadamente) en una botella o frasco adecuado.
- Adicionar 1 ml de cada una de las siguientes soluciones por cada litro de agua destilada:
 - Solución amortiguadora.
 - Solución de sulfato de magnesio.
 - Solución de cloruro de calcio.
 - Solución de cloruro férrico.
- Mezclar vigorosamente. El pH final debe estar en el rango de 6,5 a 8,5.
- Antes de utilizar el agua de dilución llevar su temperatura a 20 °C. Saturarla con OD bien sea sacudiendo una botella parcialmente llena o mediante aeración con aire filtrado.

Control del agua de dilución

Utilizar este procedimiento como control aproximado de la calidad del agua de dilución. Incubar un frasco de DBO llena de agua de dilución, por 5 días y a 20 °C. Determinar el OD inicial y el OD final. La deflexión

o consumo de oxígeno en 5 días no debe ser mayor de 0,2 mg/L y preferiblemente no mayor de 0,1 mg/L.

Si la deflexión del OD de un agua propuesta excede de 0,2 mg/L, obtener un agua satisfactoria mejorando su purificación o de otra fuente.

Control de la glucosa- ácido glutámico

Debido a que la prueba de DBO es un bioensayo los resultados pueden ser influenciados por la presencia de tóxicos o por el uso de una muestra de inóculo pobre. Frecuentemente las aguas destiladas están contaminadas con cobre y algunos inóculos de desecho son relativamente inactivos. Obteniéndose bajos resultados. Por esto se recomienda efectuar periódicamente el control del agua de dilución, la efectividad del inóculo y la técnica analítica, haciendo mediciones de la DBO sobre compuestos orgánicos puros. En general para determinaciones de la DBO que no requieren un inóculo adaptado, se utiliza una mezcla de 150 mg de glucosa y 150 mg de ácido glutámico diluida a 1 L de agua destilada, como Patrón de Control.

Determinar la DBO₅ a 20 °C de la solución patrón de control (glucosa- ácido glutámico) diluida al 2 %. Si el valor está fuera del rango de 198 ± 30,5 mg/L, rechazar cualquier determinación de la DBO hecha con el inóculo y el agua de dilución y buscar la causa del problema.

Pre tratamiento de la muestra

- **Muestras que contenga alcalinidad cáustica o acidez.**
Neutralizar a un pH entre 6,5 – 7,5 con H₂SO₄ o NaOH 1 N.
- **Muestras que contengan cloro residual:** dejar en reposo por lo menos 2 horas para que este elemento se disipe.
- **Ajuste de la temperatura de la muestra.** Llevar la temperatura de la muestra a 20 ± 1 °C antes de hacer las diluciones.
- **Muestras sobresaturadas con OD:** Muestras que contenga más de 9,0 mg/L de OD a 20 °C (aguas frías o en aguas donde ocurren la fotosíntesis), pueden sufrir pérdidas de oxígeno durante la incubación, para ello se debe reducir el OD al valor de saturación a 20 °C , llevando la muestra a 20 °C en frascos parcialmente llenos y agitar vigorosamente o bien aireándola con aire comprimido.
- **Inhibición de la nitrificación:** cuando sea necesario inhibir la nitrificación adicionando el inhibidor al agua de dilución al mismo tiempo que se adicionan los nutrientes. Las muestras que pueden necesitar inhibición de la nitrificación incluyen (pero no se limitan) a efluentes tratados biológicamente, muestras inoculadas con efluentes tratados biológicamente y aguas de ríos. Se debe reportar la inhibición del nitrógeno con los resultados.

Técnica de dilución

Aquellas diluciones que dan lugar a un OD residual de por lo menos 1 mg/L y un consumo de OD mayor de 2 mg/L después de 5 días de incubación, producen los resultados más fiables. Un análisis más rápido, tal como la Demanda Química de Oxígeno (DQO), presenta una correlación aproximada con la DBO y sirve como una guía para seleccionar las diluciones. En ausencia de datos previos, utilizar las siguientes diluciones:

- a) 0,1 a 1 % para residuos industriales fuertes
- b) 1 a 4 % para aguas residuales crudas
- c) 4 a 20 % para efluentes tratados biológicamente
- d) 20 a 100 % para aguas fluviales contaminadas

Las alícuotas tomadas de acuerdo al % de dilución son:

Tabla 1: Alícuotas tomadas de acuerdo al % de dilución.

Muestra	% dilución	V. alícuota MI	V. dilución MI
Efluente Industrial	0,5	3,5	700
Desagüe Crudo	2	14	700
Efluente tratado	5	35	700
Aguas fluviales contaminadas	30	210	700

Fuente: Elaboración propia.

- En una probeta de 1 L añadir agua de dilución hasta la mitad sin arrastre de aire.
- Añadir la cantidad apropiada de muestra y diluir hasta 700 ml con agua de dilución.
- Mezclar bien con una varilla de agitación evitando la entrada de burbujas de aire.
- Verter rápidamente la solución mezclada en 2 frascos BOD hasta rebosar evitando la formación de burbujas de aire.
- Determinar el OD inicial (mediante el método de Winkler: modificación con azida) de una de ellas y tapar la otra herméticamente, con sello hidráulico, e incubarla por 5 días a 20 °C y en oscuridad.
- Determinar luego el contenido de oxígeno disuelto en los frascos incubados, OD final.
- Emplear un blanco del agua de dilución como un control aproximado de la calidad del agua de dilución no inoculada y de la limpieza de los frascos de incubación, junto con cada lote de muestras. Determinar el OD inicial y final.

CALCULOS

$$DBO_5 \text{ mg/L} = \frac{(OD_1 * F - OD_2 * F) \times 100}{\% \text{ Dilución}}$$

Donde: OD₁ = oxígeno disuelto inicial.

OD₂ = oxígeno disuelto final.

F = factor del tiosulfato en el momento de la dilución.

DETERMINACION DE DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO

Tratamiento de muestras con valores de DQO sobre los 50 mg/L:

- Se colocan varias perlas de vidrio dentro del balón de 250 mL
- Se ponen 20 mL de muestra o una **alícuota** menor diluida a 20 mL en un balón de reflujo de 250 mL.
- Se adiciona 0,4 g de HgSO_4 y 5 mL del reactivo de $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-AgSO}_4$.
- Se adiciona el reactivo H_2SO_4 muy lentamente para disolver el HgSO_4 . Se enfría mientras se produce la mezcla para evitar posibles pérdidas de materiales volátiles presentes en la muestra.
- Se adiciona 10 ml de la solución de $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,250 N y se mezcla otra vez.
- Se adiciona el ácido remanente 25 mL, se continúa revolviendo la mezcla mientras se adiciona el ácido, enfriar con chorro de agua fría.
- Se coloca el condensador. Se asegura de que la mezcla ha sido completa antes de aplicarle calor, porque podría ocurrir un calentamiento localizado en la base del balón y una posible expulsión del contenido del balón. Alternativamente, se usa volúmenes de muestra entre 10 mL y 50 mL, y los volúmenes, pesos y normalidades de los reactivos se ajustan convenientemente, según el siguiente cuadro:

Tabla 2. Cantidades de reactivo y normalidades para diferentes cantidades de muestra.

Tamaño de la muestra ml	Solución estándar 0,25 N de dicromato ml	H ₂ SO ₄ con Ag ₂ SO ₄ ml	HgSO ₄	Normalidad de Fe(NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂	Volumen final antes de la titulación
10,0	5,0	15	0,2	0,05	70
20,0	10,0	30	0,4	0,10	140
30,0	15,0	45	0,6	0,15	210
40,0	20,0	60	0,8	0,20	280
50,0	25,0	75	1,0	0,25	350

Fuente: Elaboración propia.

- Para dar una máxima de DQO, la mezcla debe estar en reflujo durante dos horas. Para muestras específicas de aguas residuales pueden emplearse periodos más cortos, cuando se ha demostrado que se produce los mismos resultados.
- Se cubre la parte abierta del condensador con un pequeño vaso para prevenir la contaminación con materiales extraños a la muestra sometida a reflujo, se enfría y lava la base del condensador con agua destilada. Se diluye la mezcla con agua destilada a cerca del doble de su volumen, se enfría a la temperatura del cuarto y se titula el exceso de dicromato con la solución de sulfato amónico ferroso 0,1 N, usando 2 a 3 gotas del indicador ferroína, cantidad que no es crítica pero que debe mantenerse constante. Se toma como punto final el viraje del

color verde - gris a rojo – marrón, aun cuando el verde – gris puede reaparecer dentro de algunos minutos.

- Se somete en la misma manera el blanco de reactivo que consiste de agua destilada, en igual volumen que la muestra, junto con los reactivos usados con la muestra.

Determinación de DQO con soluciones estándar

- Evaluar la calidad de los reactivos con una solución estándar de glucosa o biftalato de potasio.
- Para la glucosa el DQO teórico es de 1,06701 g O₂/g y se prepara disolviendo 468,6 mg de glucosa en agua destilada y diluyendo a 1 litro para obtener 500 mg/L DQO.
- El biftalato de potasio tiene un valor teórico de DQO de 1,176 g O₂/g y se prepara disolviendo 425,1 mg de biftalato de potasio en agua destilada y diluyendo a 1 litro para obtener 500 mg/L DQO. Para la solución de biftalato de potasio se espera tener una recuperación de 98 a 100 %.

Cálculos

$$\text{mg/L DQO} = \frac{(\text{B} - \text{M}) * \text{N} * 8000}{\text{ml de muestra}}$$

donde:

DQO = demanda química de oxígeno

B = mL de Fe(NH₄)₂(SO₄)₂ usado para titular el blanco

M = mL de Fe(NH₄)₂(SO₄)₂ usado para titular la muestra

N = Normalidad de Fe(NH₄)₂(SO₄)₂

DETERMINACION DE SOLIDOS SEDIMENTABLES

Determinar el contenido de sólidos sedimentables en aguas es por el método volumétrico.

Los sólidos sedimentables se definen como aquellos que sedimentan en el fondo de un recipiente de forma cónica (cono Imhoff) en el transcurso de un período de 60 minutos.

Procedimiento:

- Llenar un cono de Imhoff hasta la marca de 1L con una muestra bien mezclada.
- Dejar sedimentar durante 45 minutos, remover a continuación suavemente las paredes del cono con una varilla o mediante rotación. Mantener en reposo 15 minutos restante.
- Registrar el volumen de sólidos sedimentables del cono como mililitros por litro por hora (mL/L/H).
- Si la materia sedimentada contiene bolsas de líquido entre partículas gruesas, evalúese el volumen de aquellas y réstese del volumen de sólidos sedimentables.

En caso de producirse una separación de materiales sedimentables y flotables, no deben valorarse estas últimas como material sedimentable.

DETERMINACION DE CLORUROS, FLUORUROS, FOSFATOS SULFATOS, NITRITOS Y NITRATOS.

Para la determinación de estos aniones se hizo uso de la cromatografía iónica que es un sistema para determinación de IONES en muestras

acuosas y se utilizó un cromatógrafo iónico de la Universidad Nacional de Trujillo.

La cromatografía Es un conjunto de técnicas basadas en la separación físico-químicos, de distintos componentes de una mezcla. Posterior a la separación se identifica y cuantifica los componentes de interés.

- Primero se realizó la toma de muestras de entrada y salida del sistema de acuerdo a los protocolos de monitoreo para aguas residuales.
- La muestra fue envasada en frascos de 500 mL las mismas que fueron rotuladas y etiquetadas.
- Se llevó la muestra al laboratorio donde se filtró y luego se hizo una dilución de 50 mL de muestra a una fiola aforada a 500 mL con agua ultra pura.
- Se prepararon estándares de los aniones a analizar para generar una curva de calibración.
- Se corrió una muestra en el Cromatógrafo Iónico y nos dio los resultados buscados.

1.12.2. Instrumentos:

Los instrumentos necesarios a utilizar serán:

- a) Guía de observación de campo
- b) Ficha de registro de datos
- c) Equipos de laboratorio para análisis de muestras
- d) Cromatógrafo Iónico
- e) Formato de análisis

1.13. COBERTURA DEL ESTUDIO

1.13.1. Universo

El universo estuvo constituido por todas las aguas residuales domésticas en una vivienda de la ciudad de Trujillo provenientes de los lavamanos, lavatrastos y duchas.

1.13.2. Muestra

Se aplicará la técnica aleatorio simple, este proceso permite ahorrar recursos, y a la vez obtener resultados parecidos a los q se alcanzaría si se realizase un estudio de toda la población.

El tratamiento de las muestras se hizo de acuerdo a los procedimientos para la obtención de los diferentes parámetros evaluados los mismos que son indicados en cada procedimiento en las técnicas de información.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Torres, E. (1994) en su tesis titulada *“Proyecto de una planta de tratamiento de aguas residuales domesticas para reúso del agua en la agricultura”*, concluye que:

- El efluente producto del tratamiento deberá ser utilizado en riego agrícola para aprovechar las capacidades fertilizantes del agua residual tratada sin causar problemas de contaminación a través de la cadena alimenticia.
- Los lodos, producto de la digestión de la materia orgánica en el tanque Imhoff y drenados por carga hidráulica en los lechos de secado podrán ser utilizados como material de abono, tomando en consideración las condiciones bacterianas (desinfección) y aprovechando sus propiedades físico químicas.

Bermejo, A. (2012) en su tesis titulada *“Reutilización de aguas residuales domésticas. Estudio y comparativa de tipologías edificatorias: depuradoras naturales como alternativa sostenible”*. El trabajo fue presentado en la Universidad de Alicante de España, con fines de optar el título profesional de Magister en Arquitectura y Urbanismo Sostenible. Su problema general fue en el caso del agua, las buenas prácticas en gestión de este recurso serán las que tengan por finalidad: disminuir el gasto, disminuyendo su consumo y reutilizando al máximo el suministro, extrayéndola con el menor deterioro posible de los ecosistemas originarios. Se trata por tanto de extraerla y devolverla con el menor impacto posible, propiciando el desarrollo normal del ecosistema origen (ríos, humedales, acuíferos

subterráneos) en condiciones aceptables. Mínima contaminación en su uso y sistemas de depuración con bajo coste energético y huella ecológica nula serían dos parámetros básicos de actuación para procurar un uso sostenible del agua.

Méndez, M. y Feliciano, M. (2010) en su tesis *“Propuesta de un modelo socio económico de decisión de uso de aguas residuales tratadas en sustitución de agua limpia para áreas verdes”* Presentado en la Universidad Nacional de Ingeniería para optar el grado de Maestro en Proyectos de inversión en su trabajo concluye que la mayor parte de ciudades que cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales sobre todo domésticas, no utilizan o usan limitadamente el agua residual tratada, por lo que el producto se va directo a los ríos, o al mar, donde se pierden, habiéndose incurrido en gastos sin un objetivo claro sobre el producto resultante.

Franco, A. (2007) en su tesis titulada *“Tratamiento y reutilización de aguas grises con aplicación a caso en Chile”* para optar el título de Ingeniero Civil concluye que en base a la investigación realizada se puede aseverar que la práctica de reutilizar aguas grises va en incremento en el mundo. Muchas veces estas son reocupadas sin ningún tratamiento, lo que no es recomendado, ya que, si bien son aguas menos contaminadas, también poseen patógenos que pueden ser dañinos para el hombre y los animales, y dependiendo del origen de éstas su composición también puede ser perjudicial para plantas, pudiendo ser el caso de aguas de lavaplatos y lavadoras, que suelen tener altas cargas de contaminantes.

El agua de la cocina, son el principal aporte de nutrientes de las aguas grises. No obstante, previo a su uso, estas requieren de tratamiento biológico para degradar la materia orgánica especialmente si será almacenada por un tiempo. De acuerdo a estos estudios las plantas y cultivos tienen mayor crecimiento al ser regadas con aguas grises que con aguas crudas.

Soto, A. (2012) en su tesis titulada *“Sistemas de tratamiento de aguas grises domésticas, como una alternativa para la seguridad hídrica de Tijuana”*. Presentada a Centro de investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) México para optar el grado de Maestra en Administración Integral del Ambiente, en una de sus conclusiones manifiesta que una de las condicionantes que se pudo observar en la información recabada en esta investigación es que es de vital importancia que las características del producto satisfagan las necesidades de los usuarios, pues la experiencia que compartieron los usuarios actuales de algún sistema de tratamiento de aguas grises mostró la importancia de este punto. Características como el precio; facilidad de operación; que no ocupe más espacio del que se pueda disponer en una casa promedio; o que cumpla con la función para la que será adquirido; entre otras, las cuales seguro tendrán su variación en función del tipo de mercado al que vaya dirigido el producto.

2.2. MARCO HISTORICO

El reúso de aguas grises en el Noreste de Badia en Jordania (McLlwaine y Redwood 2010). Esta zona es seca por naturaleza, el agua escasea en gran manera, y esto deja ver la razón por la cual tomaron la alternativa de reusar las aguas grises para fines como la agricultura, es probable que sea difícil ahorrar agua, pues su cultura les requiere que se laven después de defecar cuanto sea posible. En este caso no se le da tratamiento al agua gris, solamente se separan las tuberías de agua negra de la gris, para ser conducida al riego de campos de cultivo o desecharla en tierra. Los factores principales que impulsaron esta alternativa fueron principalmente por actitudes religiosas; esto deja ver la relevancia de la cultura para la aceptación de sistemas de tratamiento de aguas grises.

Sistema de tratamiento de aguas grises "STAG" (Soto 2010) En esta investigación realizada en la ciudad de Tijuana, se logró obtener información valiosa sobre la disposición a pagar por un sistema de tratamiento de aguas grises doméstico, para lo cual se concluye que las personas que están por comprar casas aceptarían tener un sistema de tratamiento de aguas grises, siempre y cuando hubiese facilidades para adquirirlo y pagarlo, además de la ayuda para obtener capacitación para usarlo de manera adecuada. Este trabajo deja puertas abiertas y más preguntas por resolver para este tema tan importante de la implementación de sistemas de tratamiento de aguas grises domesticas en Tijuana.

Manejo de las aguas grises de modo local (Zadeh, 2011). En este artículo se presentan los resultados de una investigación realizada en Birmingham

East side en Reino Unido donde se hace una propuesta para tratar el agua gris en conjunto y reusarla de la misma manera para los fines en los que más se demande. Es decir, propone que el agua gris que se deriva de zonas residenciales o edificios residenciales pueda ser reusada en edificios de oficinas y a su vez de las oficinas se reutilice para la irrigación de jardines contiguos para que tenga un mejor aprovechamiento y un mejor resultado en el costo beneficio. La propuesta parece ser bastante viable pero únicamente en los casos en los que existen estos sistemas de vivienda y edificios de oficinas o escuelas donde se pueda aprovechar de manera adecuada el agua gris generada.

Según Espinoza, A.; Segura, G.; Cruz, E. (2015). Carapongo, Campo Sol. En la Universidad Peruana Unión realizaron una alternativa de solución para las aguas residuales generadas por la Asociación Campo Sol ubicada en Carapongo, que consistía en utilizar humedales artificiales de flujo horizontal con la especie *Cyperus alternifolius* conocida como Paragüita. El objetivo de esta investigación experimental es determinar la eficiencia de esta planta para la remoción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos tales como la turbidez, pH, conductividad, temperatura, demanda bioquímica de oxígeno, coliformes fecales y 16 totales. Los resultados de los parámetros del agua residual fueron lo siguiente: Para la turbidez (370 NTU), pH (7,6), conductividad (6,38 mS), temperatura (24 °C), demanda bioquímica de oxígeno (240 mg/L), coliformes fecales (>1600 NMP/100 mL) y totales (>1600 NMP/100 mL). De igual manera se realizó

con los resultados de las aguas tratadas obteniendo 65% de remoción en promedio.

A nivel local aún no se han realizado estudios para el tratamiento de aguas grises por lo que se hace necesario este trabajo de investigación a fin de conocer los beneficios socioeconómicos y ambientales y que puedan ser aplicadas a las diferentes construcciones civiles para la conservación y aprovechamiento de este recurso.

Según García (1982) en su publicación sobre “El Reúso del Agua y sus Implicaciones”, señala que se ha incursionado en una fase de mayor alcance al enfocarse al reúso del agua. La razón es sencilla: el aumento en el uso de agua potable (término que significa agua con niveles de calidad para el consumo humano) para otros fines, por ejemplo, el riego de prados y jardines. En regiones en donde el agua es escasa, no es posible que se sigan desarrollando los centros urbanos, con el aumento en la actividad humana e industrial correspondiente, sin tener que recurrir a grandes inversiones en obra de infraestructura hidráulica para cubrir la demanda de una manera sustentable.

Aparte de agotar todos los recursos tecnológicos a nuestro alcance para disminuir el uso de agua en el hogar y en las actividades comerciales e industriales, es necesario pensar en esquemas que permitan el buen uso del agua en las ciudades; es decir, reutilizar el agua, que de otra manera se convertiría en agua residual, tantas veces como sea posible mediante tratamientos adecuados. Con estos esquemas, que no son nuevos pero que hasta ahora han sido apenas incipientes, se podría utilizar agua de

menor calidad en actividades que así lo permitan y con ello liberar la de alta calidad sólo para consumo humano u otros usos especializados. García (1982).

Según Fundación Tierra (1994), en su publicación sobre “La Bioconstrucción, Gestión del Agua”, se dispone de múltiples tecnologías para el ahorro de agua. La instalación de reductores de caudal permite reducir el flujo de agua manteniendo su presión. Pueden instalarse en las duchas, aunque también se instalan fácilmente en cualquier grifo sustituyendo el filtro y/o el difusor y los tanques con regulación del caudal también permiten un ahorro de agua considerable. Sin embargo, los inodoros de compostaje (elaboración de una capa superficial del suelo, obtenida artificialmente por descomposición bioquímica en caliente de residuos orgánicos) constituyen una alternativa mucho más radical. Los inodoros de compostaje facilitan con una buena aireación el trabajo de bacterias que transforman las heces y parte de los orines en compuestos fertilizantes sin más necesidad que una ventilación forzada para que no se produzcan putrefacciones sin aire. Existen varios tipos de estos inodoros, algunos de los cuales utilizan pequeñas cantidades de agua. Los inodoros de compostaje evitan las aguas negras y proveen de un producto útil para enriquecer con abono a la tierra. En estos inodoros el agua de los orines se vaporiza en el propio proceso de descomposición. A pesar de las ventajas de estos equipos su adopción choca con barreras culturales.

En la naturaleza no existen residuos porque los desechos de una especie constituyen el alimento de otra. La bioconstrucción utiliza este principio para

depurar las aguas residuales (negras y grises) y devolverlas para su reutilización. Los sistemas de depuración natural por humedales se fundamentan en los procesos de autodepuración de los ecosistemas acuáticos: lagunas, ríos, graveras, cascadas, etc., imitándolos y recreándolos en un espacio controlado y con un funcionamiento más intensivo, según las necesidades de los habitantes de la vivienda y del entorno. Estos sistemas se caracterizan por instaurar una gran diversidad biológica. Este sistema reduce la materia orgánica del agua, que es digerida por microorganismos anaeróbicos y posteriormente aeróbicos; los nutrientes, que son asimilados por animales y plantas; y los patógenos, que quedan reducidos en un 99 %. De esta manera, se devuelven las aguas al medio con unas óptimas condiciones, para que puedan ser absorbidas por la naturaleza sin interferir en el curso natural del agua (Fundación Tierra, 1994).

En estas circunstancias, la idea de la reutilización convierte el gasto en tratamientos en una inversión productiva, pues en lugar de desechar el agua residual, es posible retornar al proceso productivo una fracción del agua residual tratada para que sea acondicionada apropiadamente para su reutilización. Este hecho tiene un efecto benéfico desde el punto de vista del consumo de agua potable. Al reusar agua residual tratada, las necesidades de entrada al proceso disminuyen y, por lo tanto, también la cantidad descargada. Esto trae consigo una cadena de ahorros derivados de varios hechos: primero, por estar consumiendo menos agua del servicio municipal; segundo, por disminuir el gasto de tratamiento (generalmente

proporcional al volumen de agua); tercero, por la disminución en el tamaño del tratamiento final para descarga y, por último, por la posibilidad de utilizar el agua para otros usos o usuarios (García 1982).

Según García (1982), aunque es necesario encontrar la tecnología apropiada que alcance el nivel de eficiencia requerido, es posible, en la mayoría de los casos, encontrar esquemas de tratamiento orientados al reúso que sean rentables, en los cuales se logren ahorros considerables por un menor consumo de agua fresca. En la medida que la tecnología avance y los precios reales del agua se incrementen con el tiempo, el esquema de reutilización se volverá cada vez más atractivo.

La composición del agua residual se refiere a las propiedades físicas y a los componentes químicos, biológicos y microorganismos patógenos de origen fecal del agua residual; parámetros importantes para el proyecto y explotación de las instalaciones de recogida, tratamiento y vertido, así como para la gestión técnica de la calidad ambiental, según Mujeriego (1990) y Metcalf & Eddy (1991).

En el agua residual los parámetros de interés que se observan son los presentados en la tabla 3:

Tabla 3. Parámetros de interés en el agua residual municipal.

Componente	Parámetro de calidad	Descripción
Materia en suspensión	Materia en suspensión, incluyendo la porción volátil y la inorgánica	La materia en suspensión puede dar lugar al desarrollo de depósitos de fango y de condiciones anaerobias cuando se vierte agua residual sin tratamiento a un medio acuático. Una cantidad excesiva de materia en suspensión puede obstruir el sistema de riego.
Materia orgánica biodegradable	Demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno	Estas sustancias están compuestas principalmente por proteínas, carbohidratos y grasas. Una vez vertidas en el medio ambiente, su descomposición biológica puede dar lugar al agotamiento del oxígeno disuelto en las aguas receptoras y a la aparición de condiciones anaerobias.

Patógenos	Organismos indicadores, coliformes totales y coliformes fecales.	Los organismos patógenos presentes en un agua residual, tal como bacterias, virus y parásitos, pueden producir numerosas enfermedades transmisibles.
Elementos nutritivos	Nitrógeno, Fósforo, Potasio	El nitrógeno, el fósforo y el potasio son elementos nutritivos esenciales para el crecimiento de las plantas y su presencia en el agua aumenta el valor para el riego. Cuando se vierte nitrógeno o fósforo en el medio acuático, puede darse el desarrollo de formas de vida acuáticas indeseables. Cuando se vierten cantidades excesivas de estos elementos en el terreno, el nitrógeno puede llegar a contaminar las aguas subterráneas.
Substancias orgánicas estables o refractarias al proceso de tratamiento	Compuestos específicos, como fenoles, pesticidas e hidrocarburos clorados.	Estas sustancias orgánicas ofrecen gran resistencia a los métodos convencionales de tratamiento de agua residual. Algunas son tóxicas en el medio ambiente y su presencia puede limitar la idoneidad de las aguas residuales para riego
Actividad del ion hidronio	Potencial de hidrógeno (pH)	El pH del agua residual afecta a la solubilidad de los metales, así como a la alcalinidad del suelo. El intervalo normal para el pH de un agua residual municipal se sitúa entre 6,5 y 8,5 todo y que la presencia de agua residual industrial puede modificar el pH de forma significativa.
Metales pesados	Elementos conocidos como Cadmio (Cd), Cinc (Zn), Níquel (Ni) y Mercurio (Hg).	Algunos metales pesados se acumulan en el medio ambiente son tóxicos para los animales y las plantas. Su presencia en el agua residual puede limitar su idoneidad para agua de riego.
Sustancias inorgánicas disueltas	Materia disuelta total, conductividad eléctrica, elementos concretos como Sodio (Na), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Cloro (Cl) y Boro (B).	Un grado excesivo de salinidad puede perjudicar ciertos cultivos. Determinados iones como los cloruros, el sodio y el boro son tóxicos para ciertas plantas. El sodio puede causar problemas de permeabilidad en los suelos.
Cloro residual	Cloro libre y cloro combinado	Una concentración excesiva de cloro libre, superior a 0,05 mg/ L, puede provocar quemaduras en las puntas de las hojas y estropear algunas especies de plantas sensibles. No obstante, la mayor parte del cloro presente en un agua residual es cloro combinado, que no perjudica a las plantas. Existe cierta preocupación por los efectos tóxicos derivados de los compuestos organoclorados que puedan llegar a contaminar las aguas subterráneas.

Fuente: Elaboración propia a partir de Mujeriego (1990) y Metcalf y Eddy (1991).

La calidad de un agua residual se determina normalmente con parámetros globales de contaminación como lo son la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO). Pero estos no son los parámetros de calidad que toman mayor importancia cuando se trata de utilizar el agua residual como agua de riego sino aquellos

elementos químicos que afectan al crecimiento de las plantas o a las propiedades del suelo. En este contexto el principal parámetro de calidad es el contenido de sustancias inorgánicas o minerales disueltas que, además, no experimenta una variación importante en la mayoría de procesos de tratamiento de agua residual.

Además de los parámetros físicos y químicos presentados en el agua residual municipal, contiene microorganismos patógenos de origen fecal, tal como bacterias, virus, protozoos y gusanos parásitos. Debido al alto número de microorganismos patógenos presentes tanto en el agua como en el agua residual, y de la dificultad práctica para determinarlos, se usan bacterias del grupo coliforme (ver Tabla 2) mucho más numerosas y fáciles de determinar, como indicadoras de la presencia de entero patógenas en el afluente tratado y en el agua regenerada. La presencia de coliformes fecales en un agua se considera como indicación de la posible presencia de microorganismos patógenos, mientras que la ausencia de coliformes se considera como indicación que el agua está libre de microorganismos patógenos (Mujeriego, 1990).

TABLA 4. Normas para la calidad del agua potable en Guatemala.

PARÁMETRO	UNIDAD	OMS	GUATEMALA
Año		1995	1998
Origen		Valores guía	NGO 29001
Microbiológicos			
Coliformes fecales o E. coli (CF)	CF/100 mililitros	0	< 2,2
Coliformes totales (CF)	CF/100 mililitros	0	< 2,2
Bacterias heterotróficas	CF/100 mililitros	-	-

Fuente: Elaboración propia a partir de CEPIS (2004).

Según los estándares de calidad ambiental (ECA) para agua categoría 3, contemplado en el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM y en su modificatoria del Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM la calidad de las aguas para riego y bebida de animales deben tener parámetros físicos, químicos y biológicos que cumplan con lo estipulado en nuestra legislación actual; como se muestra en las Tablas 5 y 6.

Tabla 5. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales D.S. 002-2008-MINAM.

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR PLANTAS	VALOR ANIMALES
FISICO QUIMICO			
Bicarbonatos	mg/L	370	
Calcio	mg/L	200	
Carbonatos	mg/L	5	
Cloruros	mg/L	100 - 700	
DBO	mg/L	15	≤ 15
DQO	mg/L	40	40
Fluoruros	mg/L	1	2
Fosfatos-P	mg/L	1	
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	10	50
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	0.06	1
Oxígeno disuelto	mg/L	≥ 4	> 5
pH	Unidad de pH	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4
Conductividad	μS/cm	< 2000	≤ 5000
Temperatura	°C		
Sodio	mg/L	200	
Sulfatos	mg/L	300	500
Sulfuros	mg/L	0.05	0.05
INORGANICOS			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0.05	0.1
Bario	mg/L	0.7	
Boro	mg/L	0.5 - 6	5
Cadmio	mg/L	0.005	0.01
Cobalto	mg/L	0.05	1
Cobre	mg/L	0.2	0.5
Cromo	mg/L	0.1	1
Hierro	mg/L	1	1

Litio	mg/L	2.5	2.5
Magnesio	mg/L	150	150
Manganeso	mg/L	0.2	0.2
Mercurio	mg/L	0.001	0.001
Níquel	mg/L	0.2	0.2
Plata	mg/L	0.05	0.05
Plomo	mg/L	0.05	0.05
Selenio	mg/L	0.05	0.05
Zinc	mg/L	2	24
Berilio	mg/L	0.1	0.1
Sólidos totales disueltos	mg/L		
Sólidos totales en suspensión	mg/L		
BIOLOGICOS			
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	TB1000 - TA2000	1000
Coliformes totales	NMP/100 mL	TB5000 - TA5000	5000

Fuente: Elaboración propia a partir del Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.

** No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

TA: Plantas de tallo alto

TB: Plantas de tallo bajo

Δ 3: Variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Tabla 6. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales D.S. 015-2015-MINAM.

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR PLANTAS	VALOR ANIMALES
FISICO QUIMICO			
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Calcio	mg/L		
Carbonatos	mg/L		
Cloruros	mg/L	500	**
DBO	mg/L	15	15
DQO	mg/L	40	40

Fluoruros	mg/L	1	**
Fosfatos-P	mg/L		
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L		
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10	10
Oxígeno disuelto	mg/L	4	5
pH	Unidad de pH	6.5 - 8.5	6.5 - 8.4
Conductividad	μS/cm	2500	5000
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
Sodio	mg/L		
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Sulfuros	mg/L		
INORGANICOS			
Aluminio	mg/L	5	5
Arsénico	mg/L	0.1	0.2
Bario	mg/L	0.7	**
Boro	mg/L	1	5
Cadmio	mg/L	0.01	0.05
Cobalto	mg/L	0.05	1
Cobre	mg/L	0.2	0.5
Cromo	mg/L	0.1	1
Hierro	mg/L	5	**
Litio	mg/L	2.5	2.5
Magnesio	mg/L	**	250
Manganeso	mg/L	0.2	0.2
Mercurio	mg/L	0.001	0.01
Níquel	mg/L	0.2	1
Plata	mg/L		
Plomo	mg/L	0.05	0.05
Selenio	mg/L	0.02	0.05
Zinc	mg/L	2	24
Berilio	mg/L	0.1	0.1
Solidos totales disueltos	mg/L		
Solidos totales en suspensión	mg/L		
BIOLOGICOS			
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	1000	1000
Coliformes totales	NMP/100 mL	1000	5000

Fuente: Elaboración propia a partir del D.S. 015-2015-MINAM.

** No presenta valor en ese parámetro para la sub categoría.

Δ 3: Variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Según Mujeriego (1990), en su publicación “Manual Práctico de Riego con Agua Residual Municipal Regenerada. Calidad de un Agua de Riego”, el tipo de agua que se utilice como agua de riego tiene dos efectos importantes, a corto plazo influye en la producción y a largo plazo ciertas aguas pueden perjudicar el suelo. Sea cual fuere el origen del agua debe de cumplir la calidad que se exige a un agua de riego natural y únicamente en ciertas situaciones o para ciertas producciones pueden variarse los márgenes establecidos, siempre que no afecte las propiedades del suelo. Para la evaluación de la calidad de un agua de riego se han desarrollado índices empíricos que suponen una guía práctica y de uso generalizado. Esta evaluación no requiere el grado de precisión analítica propio de un estudio de investigación, se trata de obtener una indicación de los posibles problemas a tener en cuenta en la toma de decisiones, según Mujeriego (1990).

Reutilizando el agua de la ducha y lavamanos para su empleo en el tanque se pueden ahorrar aproximadamente quinientos litros a la semana, ya que más de un tercio del agua que se utiliza es para el inodoro (Ecoagua 1999).

2.3. MARCO CONCEPTUAL

2.3.1. Aguas Grises

Las aguas grises son aguas provenientes de las lavadoras, regaderas, tinas y lavabos. Son aguas residuales que tuvieron un uso ligero, que pueden contener jabón, cabello, suciedad o bacterias, pero que están suficientemente limpias para regar las

plantas. En algunos lugares, el agua de la tarja de la cocina es considerada aguas grises, mientras que en otros lugares es clasificada como “aguas negras” lo mismo que el agua del inodoro. El agua proveniente del inodoro, así como el agua del lavado de pañales, no debe ser considerada aguas grises. Tampoco reutilices agua de ningún lavabo que reciba productos químicos ni de casas que usan descalcificador de agua a base de sodio (Greywater Action, 2015).

Las aguas grises (tratadas o no tratadas) no son lo mismo que el agua reciclada, que es agua de desecho altamente tratada de una planta centralizada de tratamiento (Greywater Action, 2015).

Beneficios de las aguas grises

- Disminuir el uso de agua potable de 16 % a 40 %, dependiendo del sitio y el diseño del sistema (Cohen 2009) citado por Allen (2015).
- Disminuir el monto de los recibos de agua y la factura por aguas residuales.
- Diversificar los suministros de agua municipales y proporcionar una fuente alternativa de agua para riego, reservando el agua tratada para necesidades de más alta calidad.
- Reducir las necesidades de energía y químicos usados para tratar las aguas residuales.

2.3.2. Sistemas De Tratamiento De Aguas Grises

Denominamos reciclaje o tratamiento de aguas grises al sistema que nos permite utilizar esta agua para usos en los que no es imprescindible el agua potable, tales como inodoros, riego, lavadoras o limpieza de suelos o vehículos. El agua resultante es un agua limpia y completamente higiénica que, sin embargo, no recibe legalmente el estatus de agua potable, pero que puede utilizarse en multitud de usos cotidianos de casas particulares, restaurantes, hospitales, polideportivos, etc. ahorrando miles y miles de agua potable al año.

Los principales usos, por volumen, son el riego y la utilización para la cisterna del váter, aunque tienen infinidad de aplicaciones; cualquiera en la que no sea imprescindible la aplicación de agua potable, como la lavadora, y todo tipo de limpiezas.

El tratamiento de aguas grises puede ser doméstico o industrial. Básicamente, el procedimiento es en ambos casos el mismo, y sólo varía el volumen del agua tratada. Para poder tratar las aguas grises es necesario que el edificio disponga de dos sistemas hidráulicos independientes: por un lado, el de las aguas grises, es decir, el de las aguas que proceden de los lavabos y las duchas y baños, y por otro lado el resto de los desagües de la casa. Por este motivo, lo mejor para optimizar la amortización del sistema es planificar la inclusión de un sistema de aguas grises ya cuando se está planificando la construcción de la casa. Estas aguas son

recogidas y enviadas al sistema de tratamiento de aguas grises, donde pasa por una serie de procedimientos. Posteriormente, el agua tratada puede ser aplicada a multitud de usos; a todos aquellos usos en los que no resulta imprescindible la utilización de agua potable, es decir, todos, excepto beber, cocinar y ducharnos o lavarnos. De este modo, tratar las aguas grises resulta en un beneficio para nosotros, para la sociedad y para el medio ambiente.

CAPÍTULO III: CONSTRUCCIÓN DEL MODELO

3.1. GENERALIDADES

3.1.1. Marco normativo vinculado al agua tipo 3. En la Tabla 7 y 8, se muestra la normatividad vinculante a agua tipo 3 referente a los parámetros que han sido analizados en el presente proyecto.

Tabla 7. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales D.S. 002-2008-MINAM para estudio de proyecto

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR PLANTAS	VALOR ANIMALES
FISICO QUIMICO			
Cloruros	mg/L	100 – 700	
DBO	mg/L	15	≤ 15
DQO	mg/L	40	40
Fluoruros	mg/L	1	2
Fosfatos-P	mg/L	1	
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L	10	50
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	0.06	1
Temperatura	°C		
Sulfatos	mg/L	300	500
Solidos totales disueltos	mg/L		
Solidos totales en suspensión	mg/L		

Fuente: Elaboración propia a partir del D.S. 002-2008-MINAM.

Tabla 8. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales D.S. 015-2015-MINAM para estudio de proyecto

PARAMETRO	UNIDAD	VALOR PLANTAS	VALOR ANIMALES
FISICO QUIMICO			
Cloruros	mg/L	500	**
DBO	mg/L	15	15
DQO	mg/L	40	40
Fluoruros	mg/L	1	**
Fosfatos-P	mg/L		
Nitratos (NO ₃ -N)	mg/L		

Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10	10
Sulfatos	mg/L	1000	1000
Solidos totales disueltos	mg/L		
Solidos totales en suspensión	mg/L		

Fuente: Elaboración propia a partir del D.S. 015-2015-MINAM.

3.2. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

3.2.1. Factibilidad técnica

El Sistema de Tratamiento de aguas grises cubre las exigencias mínimas de los procesos para reúso y manejo de las aguas destinadas al tipo 3, y que permitirá:

- ▶ Determinar los diferentes procesos para poder dar un reúso de aguas grises.
- ▶ Evaluar un costo beneficio para las viviendas del sector referente al consumo de agua total.
- ▶ Diseñar equipos para el tratamiento de aguas grises.

3.2.2. Factibilidad operativa

Se garantiza la aceptación y usabilidad del Sistema de Tratamiento de aguas grises propuesto, por los considerandos siguientes:

- ▶ El diseño es de bajo costo y con materiales asequibles y de fácil adquisición.
- ▶ Para la determinación de los parámetros analizados se cuenta con la facilidad de acceso a los laboratorios para estos análisis.
- ▶ El sistema, puede ser operado en cualquier vivienda que dese implementarlo.

3.2.3. Factibilidad económica

El costo de construcción de la herramienta propuesta es asumido en el desarrollo del trabajo de investigación, y conllevará a una serie de beneficios a los pobladores de las diferentes comunidades que implementen el Sistema de Tratamiento de aguas grises en sus viviendas.

3.3. DISEÑO DEL MODELO Y HERRAMIENTA

El presente trabajo de investigación ha exigido el desarrollo de un modelo conceptual integral y practica que comprenda todos los elementos intervinientes en el uso de aguas grises, que nos permita principalmente:

- Recolectar las aguas grises de las duchas, lavadoras y lavatorios principalmente.
- Emplear materiales de fácil adquisición para la construcción del sistema de tratamiento de aguas grises.
- Determinar los puntos de muestreo para la cuantificación de los parámetros a estudiar en el proyecto de investigación.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS

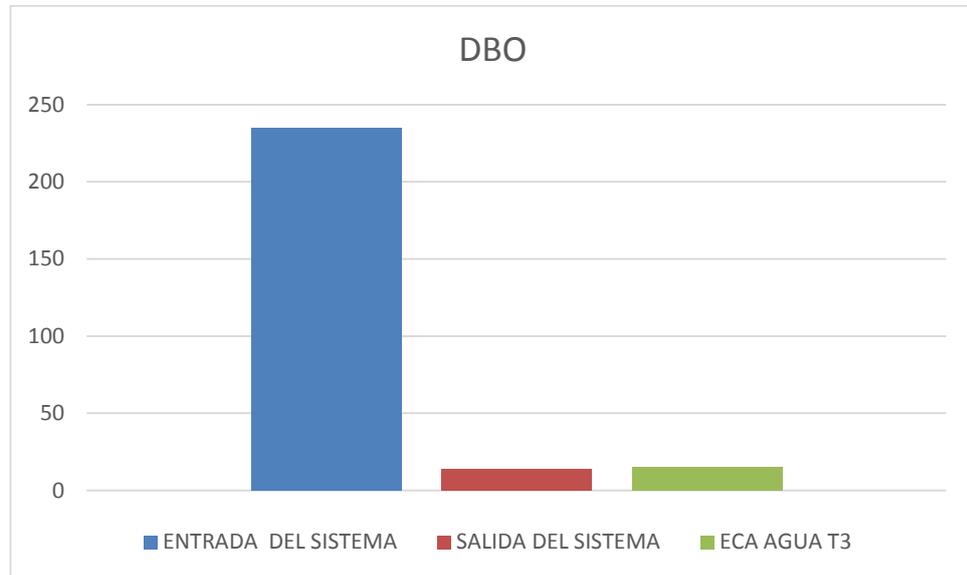
4.1.1 Resultados del Pre Test y Post Test

Para determinar la calidad de las aguas de ingreso y salida de la planta de tratamiento piloto de aguas grises, se procedió con el muestreo y la determinación de los parámetros mencionados anteriormente en los objetivos, en los laboratorios de la Universidad Nacional de Trujillo.

Tabla 9: Resultados de los análisis de laboratorio del Sistema de Tratamiento piloto de aguas grises.

PARAMETRO	UNIDADES	ENTRADA DEL SISTEMA	SALIDA DEL SISTEMA	ECA AGUA T3
DBO ₅	mg/L	235	14	15
DQO	mg/L	429	34	40
SST	mg/L	156	36	---
Cloruros	mg/L	234	123	500
Fluoruros	mg/L	5	0	1
Nitritos	mg/L	15	8	10
Nitratos	mg/L	10	2	----
Fosfatos	mg/L	12	3	----
Sulfatos	mg/L	450	345	1000

Gráfico 1: Resultados de los análisis de laboratorio del DBO en Sistema de Tratamiento piloto de aguas grises.

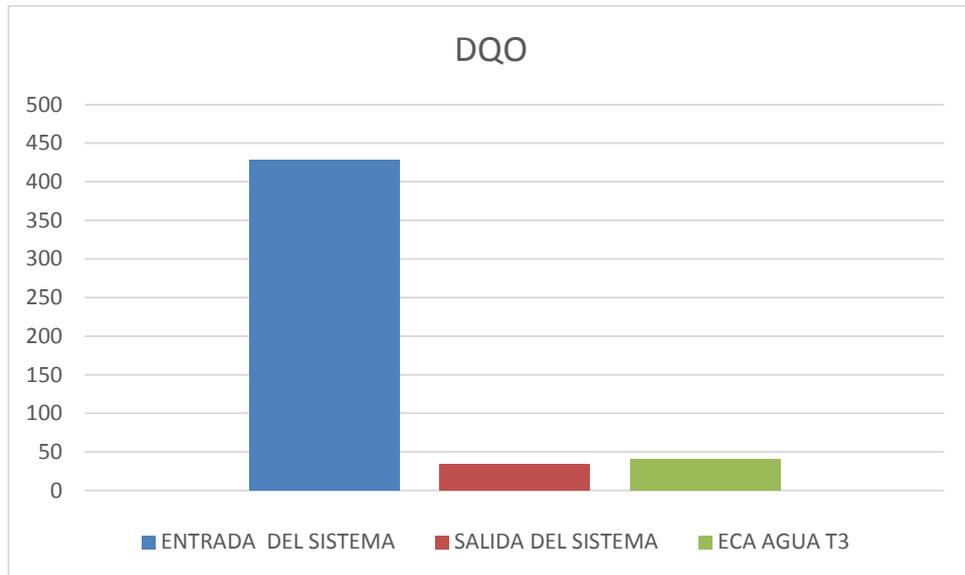


Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la tabla 9 y gráfico 1, se muestra los valores de DBO en las cuales a la entrada del sistema de tratamiento de aguas grises nos da un valor de 235 mg/L que se encuentra por encima de los valores establecidos en la norma de los valores estándar de calidad ambiental para agua tipo 3 y que después de haber sido tratado en el sistema nos arroja un valor de 14 mg/L se encuentra por debajo de lo establecido en la norma.

Gráfico 2: Resultados de los análisis de laboratorio del DQO en Sistema de Tratamiento piloto de aguas grises.

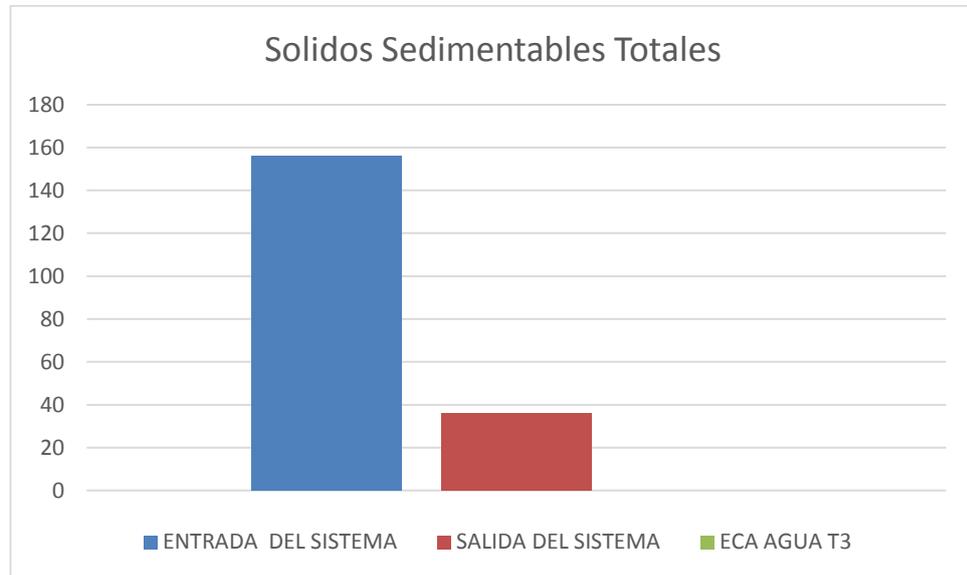


Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la tabla 9 y gráfico 2, se muestra los valores de DQO en las cuales a la entrada del sistema de tratamiento de aguas grises nos da un valor de 429 mg/L que se encuentra por encima de los valores establecidos en la norma de los valores estándar de calidad ambiental para agua tipo 3 y que después de haber sido tratado en el sistema nos arroja un valor de 34 mg/L que se encuentra por debajo de lo establecido en la norma.

Gráfico 3: Resultados de los análisis de laboratorio de SST en Sistema de Tratamiento piloto de aguas grises.

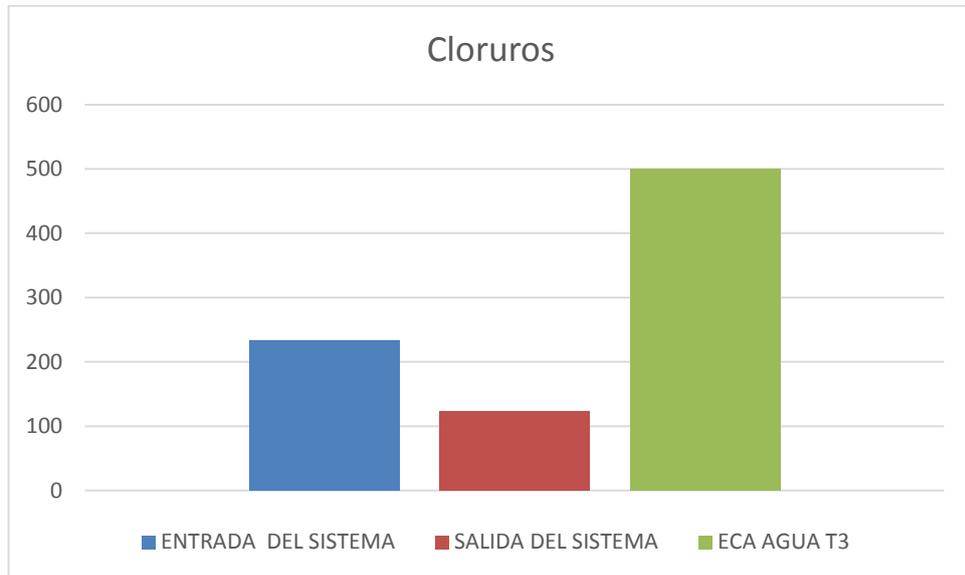


Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la tabla 9 y gráfico 3, se muestra los valores de SST en las cuales a la entrada del sistema de tratamiento de aguas grises nos da un valor de 156 mg/L y que después de haber sido tratado en el sistema nos arroja un valor de 36 mg/L. Si bien es cierto la norma no establece parámetros permisible sin embargo los resultados nos indican la disminución de este parámetro.

Gráfico 4: Resultados de los análisis de laboratorio de Cloruros en Sistema de Tratamiento piloto de aguas grises.

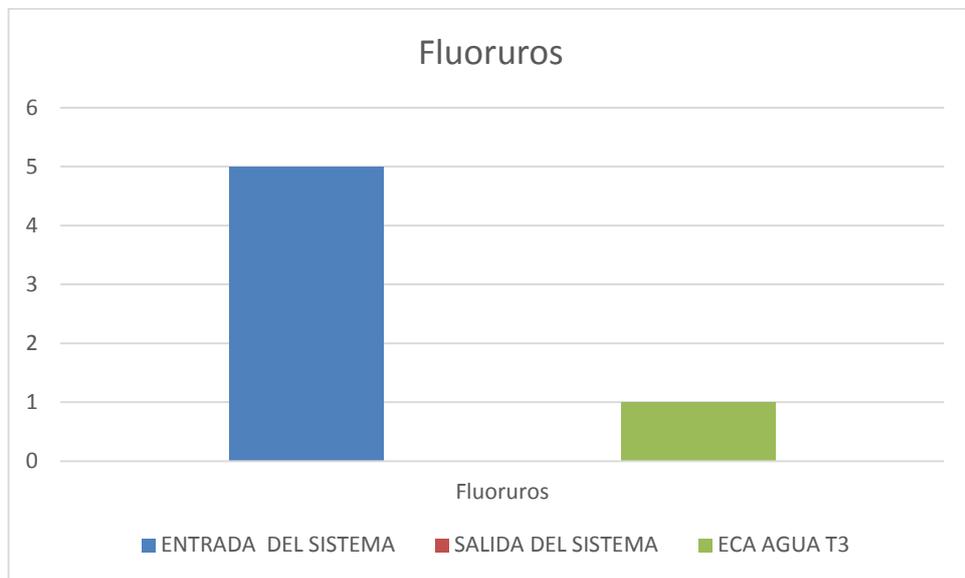


Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la tabla 9 y gráfico 4, se muestra los valores de Cloruros en los cuales a la entrada del sistema de tratamiento de aguas grises nos da un valor de 234 mg/L y que después de haber sido tratado en el sistema nos arroja un valor de 123 mg/L. Ambos indicadores nos demuestran que están por debajo de los límites máximos permisibles para agua tipo 3 pero sin embargo los resultados nos dan una disminución del parámetro después de su tratamiento.

Gráfico 5: Resultados de los análisis de laboratorio de Fluoruros en Sistema de Tratamiento piloto de aguas grises.

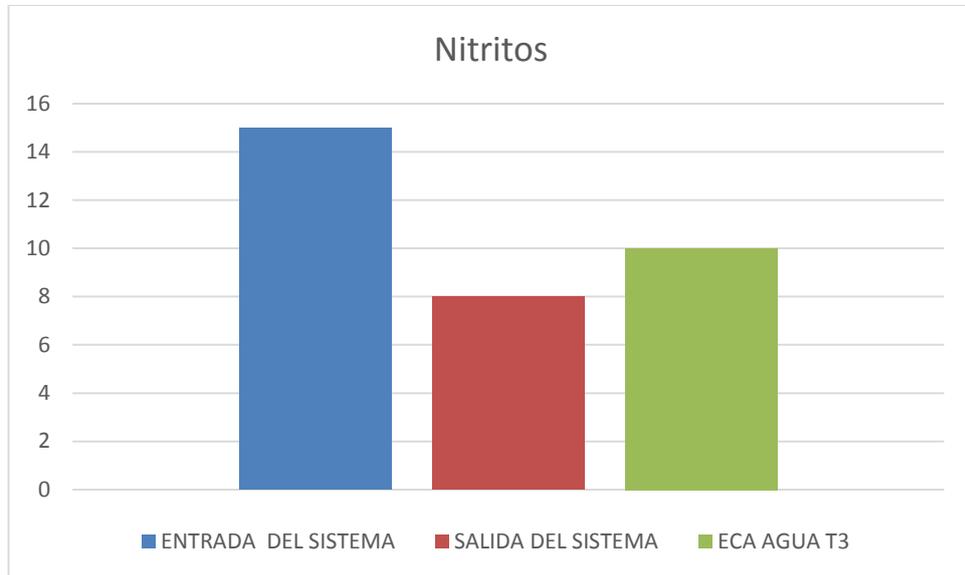


Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la tabla 9 y grafico 5, se muestra los valores de Fluoruros en las cuales a la entrada del sistema de tratamiento de aguas grises nos da un valor de 5 mg/L que se encuentra por encima de los valores establecidos en la norma de los valores estándar de calidad ambiental para agua tipo 3 y que después de haber sido tratado en el sistema nos arroja un valor de 0 mg/L por debajo de lo establecido en la norma.

Gráfico 6: Resultados de los análisis de laboratorio de Nitritos en Sistema de Tratamiento piloto de aguas grises.

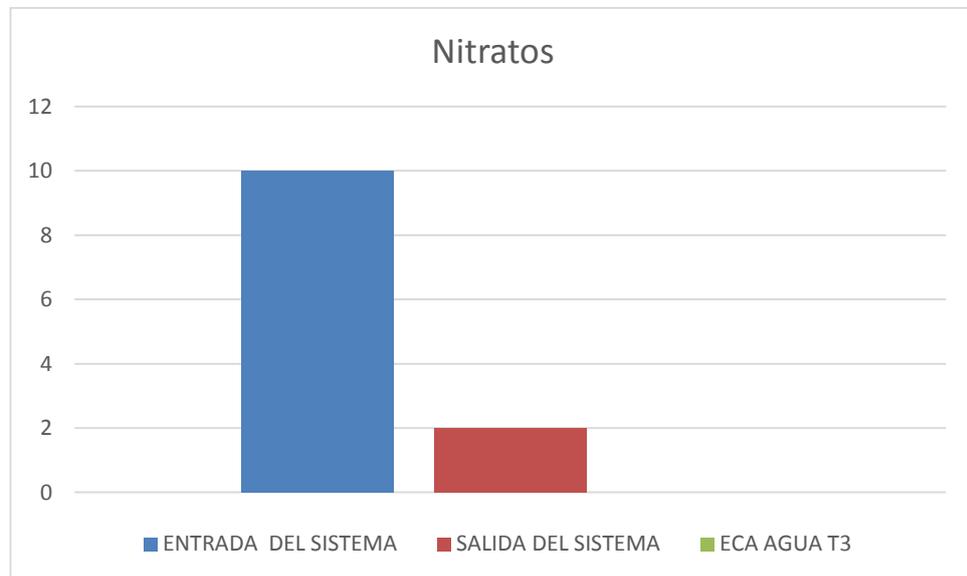


Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la tabla 9 y gráfico 6, se muestra los valores de Nitritos en las cuales a la entrada del sistema de tratamiento de aguas grises nos da un valor de 15 mg/L que se encuentra por encima de los valores establecidos en la norma de los valores estándar de calidad ambiental para agua tipo 3 y que después de haber sido tratado en el sistema nos arroja un valor de 8 mg/L que se encuentra por debajo de lo establecido en la norma.

Gráfico 7: Resultados de los análisis de laboratorio de Nitratos en Sistema de Tratamiento piloto de aguas grises.

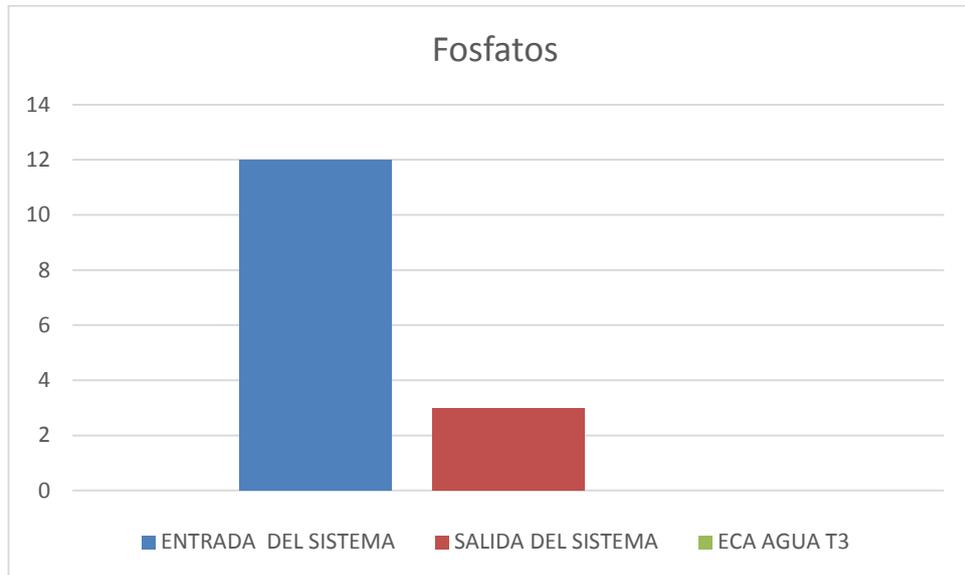


Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la tabla 9 y grafico 7, se muestra los valores de los Nitratos en las cuales a la entrada del sistema de tratamiento de aguas grises nos da un valor de 10 mg/L y que después de haber sido tratado en el sistema nos arroja un valor de 2 mg/L. Si bien es cierto la norma no establece parámetros permisibles sin embargo los resultados nos indican la disminución de este parámetro.

Gráfico 8: Resultados de los análisis de laboratorio de Fosfatos en Sistema de Tratamiento piloto de aguas grises.

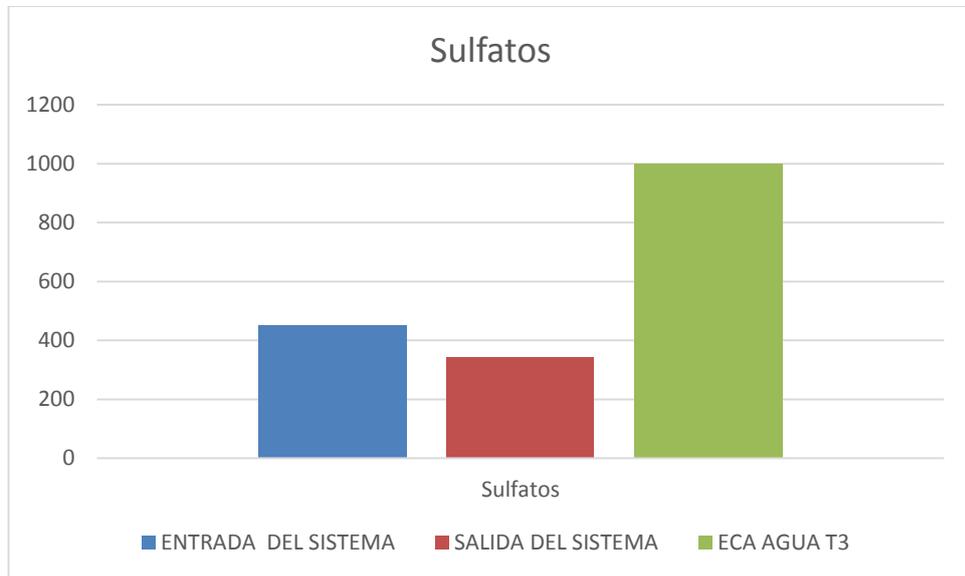


Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la tabla 9 y grafico 8, se muestra los valores de los Fosfatos en las cuales a la entrada del sistema de tratamiento de aguas grises nos da un valor de 12 mg/L y que después de haber sido tratado en el sistema nos arroja un valor de 3 mg/L. Si bien es cierto la norma no establece parámetros permisible sin embargo los resultados nos indican la disminución de este parámetro.

Gráfico 9: Resultados de los análisis de laboratorio de Sulfatos en Sistema de Tratamiento piloto de aguas grises.



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

En la tabla 9 y gráfico 9, se muestra los valores de Sulfatos en los cuales a la entrada del sistema de tratamiento de aguas grises nos da un valor de 450 mg/L y que después de haber sido tratado en el sistema nos arroja un valor de 345 mg/L. Ambos indicadores nos demuestran que están por debajo de los límites máximos permisibles para agua tipo 3 pero sin embargo los resultados nos dan una disminución del parámetro después de su tratamiento.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- 5.1.1.** El uso de un sistema piloto de tratamiento de aguas grises es eficiente ya que, según los análisis hechos, demuestran que los valores de DBO₅, DQO, SST, Cloruros, Fluoruros, Bromuros, Nitros, Nitratos, Fosfatos y Sulfatos disminuyeron sustancialmente en las aguas grises de una vivienda del sector de Nueva Esperanza Provincia de Trujillo Departamento de la Libertad durante el año 2017.
- 5.1.2.** Se determinó que la calidad de las aguas residuales de entrada al sistema piloto de tratamiento de aguas grises, tiene valores muy elevados en los parámetros estudiados, comparados con los estándares de calidad ambiental para aguas tipo 3 tal como se muestran en la tabla.
- 5.1.3.** Se determinó que la calidad de las aguas residuales a la salida del sistema piloto de tratamiento de aguas grises los valores disminuyeron drásticamente en los parámetros estudiados, cumpliendo con los estándares de calidad ambiental para aguas tipo 3 tal como se muestra en la tabla 9
- 5.1.4.** Se determinó, que según los datos obtenidos del monitoreo a la entrada del sistema piloto de tratamiento de aguas grises, no se puede utilizar para riego de áreas verdes las cuales debe cumplir los requisitos mínimos de agua tipo 3 según los Estándares Nacionales

de Calidad Ambiental en su D.S. N° 002-2008-MINAM y su modificatoria según D.S. N° 015-2015-MINAM.

5.1.5. Se determinó, que según los datos obtenidos del monitoreo a la salida del sistema piloto de tratamiento de aguas grises, ya se puede utilizar para riego de áreas verdes las cuales cumplen los requisitos mínimos de agua tipo 3 según los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental en su D.S. N° 002-2008-MINAM y su modificatoria según D.S. N° 015-2015-MINAM.

5.2. RECOMENDACIONES

5.2.1. Aplicar el Sistema de tratamiento de aguas grises a las viviendas del sector dado que redundara en el ahorro de consumo de agua y por ende a la economía de la población

5.2.2. A las autoridades del distrito La Esperanza, provincia de Trujillo, departamento de la Libertad, y de la empresa SEDALIB coordinar con las organizaciones especializadas a fin de que apliquen un sistema de tratamiento de aguas grises para el reúso de estas aguas en el riego de las áreas verdes.

5.2.3. las autoridades locales a que se inicie una campaña de sensibilización para la aplicación de este sistema.

5.2.4. Mejorar el sistema de tratamiento de aguas grises aplicando nuevas tecnologías y que estén al alcance de la población en materiales y costos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, L. (2005). "Manual de diseño para manejo de aguas grises", Greywater Action, California. EEUU.
- Allen, L. (2015). Manual de diseño para manejo de aguas grises: para riego exterior. Versión 2. Esta obra se ha realizado bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional. Publicado por Greywater Action (<http://www.greywateraction.org>). (En red). Disponible en: <http://greywateraction.org/wp-content/uploads/2014/11/finalGWmanual-esp-5-29-15.pdf>.
- Bermejo, A. (2012). tesis "Reutilización de aguas residuales domésticas. Estudio y comparativa de tipologías edificatorias: depuradoras naturales como alternativa sostenible". Universidad de Alicante – España.
- Ecoaigua (1999). Depuración y Reutilización de Aguas Grises. Manuscrito Inédito. Organización Mediterránea. Barcelona: Edita. (En red). Disponible en: www.ecoaigua.com/3.html.
- Franco, A. (2007). Tesis "Tratamiento y reutilización de aguas grises con aplicación a caso en Chile. Universidad de Chile- Chile.
- Fundación Tierra (1994). Bioconstrucción. Gestión del Agua. Manuscrito Inédito. Protectorado del Ministerio de Educación Cultura. Barcelona: Edita (En red). Disponible en: www.terra.org/html/s/rehabilitar/bioconstruccion/criterios/gestion_agua.html.
- García Orozco, Jorge (1982). El Reúso del Agua y sus Implicaciones. Manuscrito Inédito. Vanderbilt University. Estados Unidos: Edita. (En red). Disponible en: www.mty.itesm.mx/die/ddre/transferecia/Transferencia52/eli4-52.html.
- García, Francisco y López, Hugo; (2006). Tesis, "Manejo del agua potable y aguas grises en el barrio Rodeo, Managua", Universidad Nacional Agraria, Managua.
- Instituto Nacional de Ecología (INE), (2011). "Aprovechamiento de aguas grises", Agua, INE, en: <http://vivienda.ine.gob.mx/index.php/agua/recoleccion-recliclado-yreuso-de-agua/aguas-grises>. México.
- McIlwaine, Stephen & Redwood, Mark; (2010). " El uso de aguas grises en el Medio Oriente", Centro de Investigación para el Desarrollo Internacional, Jordania-Canadá.

- Mejía, J. et al (2004). Reutilización de aguas domésticas. Universidad de Medellín, Colombia.
- Mena, M. P. (2001). Sistemas Integrados de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en América Latina: Realidad y Potencial. IDRC – OPS/HEP/CEPIS. XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental Cancún. México.
- Méndez, M y Feliciano, M. (2010) Tesis “Propuesta de un modelo socio económico de decisión de uso de aguas residuales tratadas en sustitución de agua limpia para áreas verdes” Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
- Metcalf, A. y Eddy, J. (1991). Ingeniería Sanitaria. Agua Residual Municipal. En red). Disponible en: www.mie.esab.upc.es/arr/T18E.htm.
- Mujeriego, R. (1990). Manual Práctico de Riego con Agua Residual Municipal Regenerada. Calidad de un Agua de Riego. (En red). Disponible en: www.mie.esab.upc.es/arr/T21E.htm.
- Perú-MINAM. (2008). Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM. Aprueban los estándares Nacionales de Calidad Ambiental para aguas.
- Perú-MINAM. (2015). Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM. Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación.
- Raluy, A. (1991). Diccionario Porrúa de la Lengua Española. (Trigésimo segunda Edición). México: Edita.
- Rigola, M. (1999). Tratamiento de aguas industriales aguas de proceso y residuales. Editorial Alfaomega. Colombia. Pág.157.
- Salazar, D. (2003). Guía para el Manejo de Excretas y Aguas Residuales Municipales. Manuscrito Inédito, PROARCA / SIGMA. Guatemala: Edita.
- Soto Aguilar Wendy, (2010). “Desarrollo y comercialización del sistema de tratamiento de aguas grises (STAG)”, Instituto Tecnológico de Tijuana, México.
- Soto, A, (2012). Tesis “Sistemas de tratamiento de aguas grises domésticas, como una alternativa para la seguridad hídrica de Tijuana”. Centro de investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE). México.
- Trujillo, C. (2006). Manual para la Utilización de Aguas Grises de Lavamanos en Establecimientos Educativos. CONAMA. Santiago, Chile.

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INDICES	MÉTODOS	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
<i>Problema Principal</i>	<i>Objetivo General</i>	<i>Hipótesis General</i>						
¿Qué efecto tiene la aplicación de un sistema piloto de tratamiento de aguas grises domésticas para reuso en inodoros y áreas verdes en la ciudad de Trujillo?	Proponer y validar un sistema piloto de tratamiento de aguas grises para reducir el consumo de agua potable, reutilizando las aguas residuales domésticas en una vivienda de la ciudad de Trujillo, bajo condiciones sanitarias seguras.	Proponer y validar un sistema piloto de tratamiento de aguas grises para reducir el consumo de agua potable, reutilizando las aguas residuales domésticas en una vivienda de la ciudad de Trujillo, bajo condiciones sanitarias seguras.	<p>Variable Independiente:</p> <p>Sistema Piloto de Tratamiento de Aguas Grises</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p><i>Tratamiento de aguas grises.</i></p>	<p>- Calidad de las aguas grises de salida de la planta piloto de tratamiento de aguas grises en una vivienda de la localidad de Trujillo según sus parámetros Físico Químicos.</p> <p>Calidad de las aguas grises de entrada de la planta piloto de tratamiento de aguas grises en una vivienda de la localidad de Trujillo según sus parámetros Físico Químicos.</p>	<p>- Contenido de DBO5 (mg/L).</p> <p>- Contenido DQO (mg/L).</p> <p>- Contenido SST (mg/L).</p> <p>- Contenido de Cloruros (mg/L)</p> <p>-Contenido de Fluoruros (mg/L)</p> <p>- Contenido de Nitratos (mg/L)</p> <p>- Contenido de Nitritos (mg/L)</p> <p>-Contenido de Fosfatos (mg/L)</p> <p>-Contenido de Sulfatos (mg/L)</p>	<p>Tipo de Investigación:</p> <p>Cuantitativa y Aplicada</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Experimental</p> <p>Diseño de la investigación:</p> <p>Pre experimental</p>	<p>- Observación: Que consiste en trabajo en campo que es el contacto directo del investigador con la realidad, para la obtención de datos. (Hernández, 2014).</p> <p>- Evaluación: Permite obtener información sobre el Pre y del Post test, como resultados de haber aplicado el tratamiento de aguas grises en planta piloto</p>	<p>- Análisis de laboratorio, que se realizara en Universidad Nacional de Trujillo.</p> <p>- Medición de parámetros físico Químicos a la entrada y salida de la Planta Piloto de Tratamiento de Aguas Grises</p> <p>- Comparación de los resultados con los Estándares de Calidad Ambiental para aguas.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Proceso de generación de aguas grises.



Anexo 3. Muestreo de aguas grises.



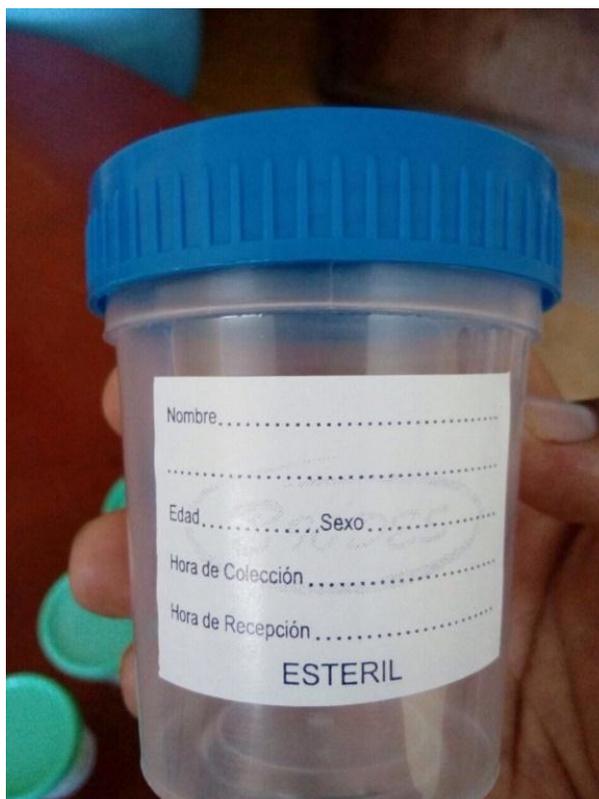
Anexo 4. Muestreo de aguas grises.



Anexo 5. Muestras de aguas grises.



Anexo 6. Frasco para muestra de aguas grises.



Anexo 7. Muestra 2 de aguas grises.



Anexo 8. Determinación de parámetros fisicoquímicos en laboratorio de Ingeniería Ambiental de la UNT.



GLOSARIO DE TÉRMINOS

1. **Agua potable:** Agua que es segura para beber y para cocinar.
2. **Agua producto:** Agua que ha sido pasada a través de una planta de tratamiento de aguas residuales y está lista para ser entregada a los consumidores.
3. **Aguas grises:** Aguas domésticas residuales compuestas por agua de lavar procedente de la cocina, cuarto de baño, aguas de los fregaderos, y lavaderos.
4. **Aguas residuales municipales:** Residuos líquidos, originados por una comunidad. Posiblemente han sido formado por aguas residuales domésticas o descargas industriales.
5. **Contaminación:** Es un cambio perjudicial en las características químicas, físicas y biológicas de un ambiente o entorno. Afecta o puede afectar la vida de los organismos y en especial la humana.
6. **Contaminación hídrica:** Cuando la cantidad de agua servida pasa de cierto nivel, el aporte de oxígeno es insuficiente y los microorganismos ya no pueden degradar los desechos contenidos en ella, lo cual hace que las corrientes de agua se asfixien, causando un deterioro de la calidad de las mismas, produciendo olores nauseabundos e imposibilitando su utilización para el consumo.
7. **Desinfección.** La destrucción de microorganismos presentes en las aguas residuales mediante el uso de un agente desinfectante.

- 8. Economía de agua:** Conjunto de medidas para la regulación y la conservación de las reservas del agua.
- 9. Ecosistema:** Complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional.
- 10. Humedal:** Este término engloba una amplia variedad de ambientes, que comparten una propiedad que la diferencia de los ecosistemas terrestres: la presencia del agua como elemento característico, la cual juega un rol fundamental en la determinación de su estructura y funciones ecológicas. La Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, 1971) define estos ambientes como: “las extensiones de marismas, pantanos y turberas o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saldas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros.
- 11. Medio ambiente:** Es el conjunto de factores físico-naturales, sociales, culturales, económicos y estéticos que interactúan entre sí, con el individuo y con la sociedad en que vive, determinando su forma, carácter, relación y supervivencia.
- 12. Reciclaje:** Consiste en convertir materiales ya utilizados en materias primas para fabricar nuevos productos.