

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



TESIS

**DISEÑO DE UN SISTEMA PILOTO CON FILTRO
MULTIMEDIA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS
GRISES Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD
FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LAS
AGUAS TRATADAS EN ASENTAMIENTO HUMANO
EL HUARANGO TIERRA PROMETIDA, ICA - 2017**

PRESENTADA POR:

LÉVANO CARLOS, SHEYLA STEPHANY

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**ICA – PERÚ
2017**

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



TESIS

**DISEÑO DE UN SISTEMA PILOTO CON FILTRO
MULTIMEDIA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS
GRISES Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD
FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LAS
AGUAS TRATADAS EN ASENTAMIENTO HUMANO
EL HUARANGO TIERRA PROMETIDA,
ICA - 2017**

PRESENTADA POR:

LÉVANO CARLOS, SHEYLA STEPHANY

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

**ICA – PERÚ
2017**

DEDICATORIA

Con el más humano cariño, dedico la presente tesis a mis seres queridos y en especial a mi madre, quien siempre me apoyo incondicionalmente y me brindo sus consejos ayudándome a mi formación profesional. A toda mi familia que es lo más valioso que Dios me ha dado.

SHEYLA LÉVANO

AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento a los Docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental, por sus valiosas enseñanzas y sus sabios consejos que me han permitido alcanzar mis metas.

SHEYLA LÉVANO

ÍNDICE

	Pág.
CARÁTULA	i
PORTADA	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.1. Descripción de la realidad problemática	15
1.2. Delimitación de la investigación	22
1.2.1. Espacial	22
1.2.2. Temporal	22
1.2.3. Social	22
1.3. Formulación del problema	23
1.3.1. Problema principal	23
1.3.2. Problemas secundarios	23
1.4. Objetivos de la Investigación	23
1.4.1. Objetivo General	23
1.4.2. Objetivos Específicos	24
1.5. Justificación de la investigación	24
1.5.1. Teórica	24
1.5.2. Metodológica	25
1.5.3. Práctica	26
1.6. Importancia de la investigación	26

1.7.	Limitaciones de la investigación	27
CAPÍTULO II: FUNDAMENTOS TEÓRICOS DE LA INVESTIGACIÓN		28
2.1.	Marco Referencial	29
2.2.	Antecedentes de la investigación	29
2.3.	Marco Teórico	32
2.4.	Marco Histórico	55
2.5.	Marco Conceptual	56
2.6.	Marco Legal	58
CAPÍTULO III: HIPÓTESIS Y VARIABLES		59
3.1.	Hipótesis de la investigación	60
3.1.1.	Hipótesis general	60
3.1.2.	Hipótesis específicas	60
3.2.	Variables	61
3.2.1.	Definición conceptual de las variables	61
3.2.2.	Variable independiente	61
3.2.3.	Variable dependiente	61
3.2.4.	Operacionalización de las variables	61
CAPÍTULO IV: DISEÑO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN		62
4.1.	Tipo, nivel y diseño de la investigación	63
4.1.1.	Tipo de investigación	63
4.1.2.	Nivel de investigación	63
4.1.3.	Diseño de la investigación	63
4.2.	Método de investigación	64
4.3.	Universo, población y muestra de la investigación	64
4.3.1.	Universo	64
4.3.2.	Población	64
4.3.3.	Muestra	64

4.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de información	64
4.4.1.	Técnicas de muestreo	64
4.4.2.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	64
4.4.3.	Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos	65
4.4.4.	Técnicas de procesamiento y análisis de los datos	65
CAPÍTULO V: ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS		66
5.1.	Organización, presentación y análisis de datos	67
5.2.	Contrastación de los resultados	78
5.3.	Discusión de resultados	83
5.4.	Conclusiones	87
5.5.	Recomendaciones	88
FUENTES DE INFORMACIÓN		89
	Glosario	89
	Bibliografía	95
ANEXOS		98
	Matriz de consistencia	
	Material complementario	

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1 Normas de vertido establecidas en países de Centroamérica	19
Tabla N° 2 Rendimiento de Filtros de Arena	37
Tabla N° 3 Variación del Contenido de Fosforo según el pH	46
Tabla N° 4 Principales plantas que son fuentes de taninos	50
Tabla N° 5 Marco Legal	58
Tabla N° 6 Características fisicoquímicas y microbiológicas del agua gris	67
Tabla N° 7 Ensayos para el pH	68
Tabla N° 8 Ensayos para la turbidez	69
Tabla N° 9 Ensayos para la dureza total	70
Tabla N° 10 Ensayos para la conductividad	71
Tabla N° 11 Ensayos para los sulfatos	72
Tabla N° 12 Ensayos para los cloruros	73
Tabla N° 13 Ensayos para el DBQO ₅	74
Tabla N° 14 Ensayos para el DQO	74
Tabla N° 15 Ensayos para los sólidos suspendidos	75
Tabla N° 16 Ensayos para el fósforo	76
Tabla N° 17 Ensayos para el nitrógeno total	76
Tabla N° 18 Ensayos para la grasa	77
Tabla N° 19 Ensayos microbiológicos	77
Tabla N° 20 Características fisicoquímicas y microbiológicas del agua gris antes y después del tratamiento	78
Tabla N° 21 Correlación entre las variables	79
Tabla N° 22 Estadísticos de los grupos hipótesis N° 1	80
Tabla N° 23 Diferencias pareadas hipótesis N° 1	80
Tabla N° 24 Estadísticos de los grupos hipótesis N° 2	81
Tabla N° 25 Diferencias pareadas hipótesis N° 2	81
Tabla N° 26 Estadísticos de los grupos hipótesis N° 3	82
Tabla N° 27 Diferencias pareadas hipótesis N° 3	82

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1 Sistema de tratamiento del biofiltro	33
Figura N° 2 Esquema de sistema con especies flotantes	33
Figura N° 3 Elementos Básicos de un Filtro de Arena	34
Figura N° 4 Mecanismo de transporte	38
Figura N° 5 Aspecto de las aguas grises caseras	41
Figura N° 6 Estructura de la pectina	48
Figura N° 7 Mecanismos de floculación de partículas coloidales	48
Figura N° 8 Opuntia Ficus	49
Figura N° 9 Separador de Grasas	52
Figura N° 10 Tanque de sedimentación	52
Figura N° 11 Filtros Multimedia	53
Figura N° 12 Ubicación geográfica del A.A.H.H Tierra Prometida	55
Figura N° 13 Diagrama de gauss para la hipótesis N°1	80
Figura N° 14 Diagrama de gauss para la hipótesis N°2	81
Figura N° 15 Diagrama de gauss para la hipótesis N°3	83
ANEXOS	98
Matriz de Consistencia	99
Elaboración del floculante del Clododio de la tuna	100
Calculo de las dimensiones del filtro multimedia	102
Elaboración del extracto de sauce	103
Destino final de lodos de la floculación	105
Reporte de laboratorio	106
Planos de filtro multimedia	109

RESUMEN

La presente tesis es una investigación teórico experimental cuyo principal objetivo es demostrar que la implementación de un sistema de recuperación de aguas grises con filtro multimedia, influirá en las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua tratada, para lo cual se construyó un prototipo del sistema incluyendo el filtro multimedia que consta de varias capas de arena, una capa de material biológico y una de carbón activado, destinadas a la captación de microorganismos y contaminantes químicos. Las pruebas experimentales de las aguas tratadas demostraron la validez de la hipótesis planteada, ya que se redujeron las sales presentes en el agua como los cloruros (a 248 mg/L), sulfatos (a 183 mg/L) y carbonatos (a 502 mg/L) que son valores propios del agua potable, así mismo se redujeron las concentraciones de DBQO (6 mg/L) y DQO (19 mg/L) y la de sólidos totales suspendidos (21 mg/L); así mismo la carga microbiana del agua después del tratamiento se redujo a cero. Estadísticamente se ha demostrado una correlación de 91% entre ambas variables de estudio y la validez de las hipótesis estadísticas planteadas.

ABSTRACT

This thesis is an experimental theoretical research whose main objective is to demonstrate that the implementation of a gray water recovery system with multimedia filter, will influence the physicochemical and microbiological properties of the treated water, for which a prototype of the system was built, including the multimedia filter consisting of several layers of sand, a layer of biological material and one of activated carbon, intended for the capture of microorganisms and chemical pollutants. The experimental tests of the treated waters proved the validity of the proposed hypothesis, since the salts present in the water were reduced, such as chlorides (at 248 mg / L), sulfates (at 183 mg / L) and carbonates (at 502 mg / L) that are proper values of drinking water, as well as the concentrations of DBQO (6 mg / L) and COD (19 mg / L) and total suspended solids (21 mg / L); likewise the microbial load of the water after the treatment was reduced to zero. Statistically, a correlation of 91% was shown between both study variables and the validity of the statistical hypotheses proposed.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación titulada: Diseño de un sistema piloto con filtro multimedia para el tratamiento de aguas grises y su influencia en la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas tratadas en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017, es un estudio teórico experimental, cuyo principal objetivo es captar los restablecer la calidad de las aguas grises, empleando para ello un sistema de recuperación con tratamiento ecológico, en el desarrollo del proyecto se han considerado partes fundamentales.

Capítulo I, se encuentra la fundamentación del problema en la que se expone el problema, el objetivo, la justificación e importancia del estudio.

Capitulo II, aborda el marco teórico, que se inicia con la cita de los antecedentes del estudio que conllevó a la identificación de la bibliografía existente sobre el tema en las Universidades locales, nacionales e internacionales; Seguidamente se desarrollan las bases teóricas, en las que se describen las bases de estudios relacionados con cada una de las variables planteadas en la tesis, especialmente sobre los biofiltros y la floculación del agua empleando los carbohidratos de la tuna (*Opuntia ficus L.*), que es una biomasa rica en pectinas, sustancias esqueléticas de la planta formada fundamentalmente por ácido galacturónico, con carga eléctrica

positiva que en contacto y dispersa en el agua turbia, permite que los sólidos se aglutinen formando flóculos, que por su peso se depositan en el fondo del tanque, dejando libre de material particulado el agua sobrenadante.

En la presente investigación se evaluará también la capacidad desinfectante del extracto tánico extraído del sauce (*Salix chilensis Molina*) considerando la concentración, el tiempo de contacto, la temperatura de trabajo y la variación del contenido de carga microbiana tanto en el agua gris sin tratar como en la tratada. Se tiene en cuenta un marco conceptual y legal en la presente investigación.

Capítulo III, se encuentra las hipótesis de la investigación, la definición y operacionalización de las variables.

Capítulo IV, se establece la metodología es científico-experimental que corresponde al tipo aplicada o tecnológica, nivel de la investigación aplicativo debido a que el diseño fue adaptado, la población y la muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de la información y las técnicas a usar en el tratamiento de datos, que corresponde al estudio estadístico correspondiente.

Capítulo V, en este capítulo se realiza la contrastación la cual permitió comprobar los pasos planificados e la validación establecido en el plan. También se encuentra la situación inicial de la problemática en el lugar establecido, la discusión de resultados, conclusiones y algunas recomendaciones.

PALABRAS CLAVES: Sistema de recuperación, agua gris, tratamiento.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. Descripción de la realidad problemática

El agua es fundamental para la vida; sin ella los organismos no podrían satisfacer sus necesidades básicas ni podrían realizar sus funciones vitales. Este es un elemento imprescindible para todo ser vivos y constituye el 70% de la superficie terrestre, pero desafortunadamente sólo 2.5% corresponde a agua dulce y el resto a salada. De esta pequeña fracción, 70% se encuentra congelada en los casquetes polares y el 30% restante distribuido en la atmósfera, los cuerpos de aguas superficiales y en los acuíferos. Menos de 0.01% del agua del planeta es aprovechable para el consumo humano. SEMARNAP (2000).

A Nivel Mundial, la escasez de agua dulce es uno de los siete problemas ambientales fundamentales. Y los científicos lo consideran como el principal problema del nuestro siglo, junto con el cambio climático. PNUMA (2012).

La escasez de agua es una amenaza significativa y creciente para el ambiente, la salud humana, la seguridad energética y el abastecimiento mundial de alimentos. Pereira (2009).

Según UNESCO (2009), la extracción de agua a nivel mundial se ha triplicado durante los últimos 50 años. En otras palabras, podríamos decir que estamos alcanzando el límite de extraer agua dulce de la superficie terrestre, pero el consumo no deja de aumentar y el despilfarro de esta, en actividades innecesarias (usos recreativos).

Sin embargo, hay que tener en cuenta el efecto que el cambio climático tendrá sobre el ciclo hidrológico y la disponibilidad de agua dulce. El cambio climático puede influir sobre los problemas del agua dulce de muchas maneras, ya sea por cambios en la precipitación, los caudales, los eventos extremos, la menor capacidad de dilución de los ríos y la salinización debido al aumento del nivel del mar. Schneider (2011).

La mayoría de las estimaciones de la extracción de agua indican un gran incremento global neto, pero con importantes diferencias regionales. El factor causal más importante de ese aumento es el crecimiento del uso doméstico de agua, seguido por el uso industrial y el agrícola. Alcamo (2007).

Como consecuencia de la extracción cada vez mayor, también es probable que aumenten las descargas de aguas residuales, muchas de las cuales, en las regiones de bajos ingresos, siguen sin recibir tratamiento.

La ONU-Hábitat (2010) calcula que aproximadamente el 80% de las aguas se devuelven al medio sin recibir un tratamiento correcto. Casi 2 millones de toneladas de aguas residuales, desechos industriales y agrícolas se vierten en las aguas del mundo. Actualmente de forma que se ven afectados 245 000 km² de los ecosistemas marinos, con repercusiones en la pesca, la cadena alimentaria y medios de vida.

Esta situación perjudica principalmente a países en vías de desarrollo ya que, se estima, que solo poseen un 8% de la capacidad necesaria para tratar aguas residuales. Ecoworking (2015).

En el mundo para los países desarrollados el problema del agua afecta sobre todo a la conservación de la naturaleza y a las posibilidades de crecimiento económico mientras que, en el sur, además de todo eso, la falta de agua es la causante directa de enfermedades como la diarrea y el cólera que causan la muerte de 15 millones de niños cada año. Hernández (2004).

Por otro lado, tenemos la pérdida de la calidad del agua dulce por contaminación que repercute muy gravemente en su disponibilidad para consumo. En primer lugar, la contaminación difusa de origen agropecuario a través del uso incontrolado de plaguicidas tóxicos y fertilizantes (N y P) produce la eutrofización (crecimiento excesivo de algas y muerte de los ecosistemas acuáticos) y puede llegar a causar enfermedades cancerígenas a las altas concentraciones. En segundo lugar, la contaminación industrial por metales pesados, materias orgánicas y nuevos compuestos tóxicos. Valdez (2008).

La reutilización de agua cada vez va adquiriendo prioridad a medida que se acrecienta la escasez de agua en todo el mundo. Donde podemos observar que países desarrollados como Estados Unidos ocupa el primer lugar en el volumen total de agua residual tratada para reutilización, siendo dicho volumen de 7,6 millones de metros cúbicos por día. Paulson (2013).

Los sistemas de reutilización de agua potable han ocupado su lugar en los Estados Unidos desde el año 1962, según lo informado por la Academia Nacional de Ciencias de Estados Unidos. En San Petersburgo, Florida, que se inició la construcción de un sistema de reutilización no potable a gran escala en la década de 1970, el agua recuperada ahora satisface alrededor del 40 %

de la demanda total de agua de la ciudad, con muchos de los parques de la ciudad, escuelas, campos de golf, jardines residenciales, bocas de incendio, y edificios comerciales que extraen el agua regenerada para usos no potables. The National Academies of Sciences-Engineering-Medicine (2012).

El Banco Mundial, en sus informes del año 2011, observó que la reutilización de agua en los países árabes ha ido aumentando en forma significativa, la reutilización del agua es considerada por la mayoría de las naciones árabes que tienen un gran potencial para aumentar significativamente los recursos hídricos disponibles. Los Estados árabes actualmente producen un estimado de 10,8 km³/año de aguas residuales, de las cuales aproximadamente 55% y 15% son los porcentajes respectivamente de agua tratada y reutilizada en la agricultura, riego paisajístico, enfriamiento industrial y protección ambiental. En algunos países, la reutilización de agua se usa para la recarga de aguas subterráneas a los efectos de proteger el agua dulce superficial. Arabia Saudita gastó \$1,1 billones el año pasado en 128 contratos de tratamiento de agua y aguas residuales solo en la ciudad capital de Riyadh. Este año, la agencia ha enumerado 405 proyectos de agua. the bank world (2011).

El mexicano Rodrigo Valladares Linares, doctor en biotecnología e investigador de la Universidad de Ciencia y Tecnología Rey Abdalá (KAUST) de Arabia Saudí, trabaja en un método de desalinización de agua de mar y tratamiento de aguas residuales que genere líquido potable y pueda usarse en la industria y agricultura. Se utiliza un proceso de ósmosis directa esta técnica de potabilización es de bajo costo. El líquido procesado después puede utilizarse en el consumo humano, riego y proceso industrial.

En Latinoamérica, existe una división marcada entre las poblaciones de escasos recursos y las de altos ingresos, con respecto al acceso a los servicios de saneamiento. Aproximadamente 18% de la población de escasos recursos

cuenta con agua de tubería en sus casas, comparado con 80% de la población de altos ingresos. Kelly A. Reynolds (2002).

Pero en Latinoamérica algunos países han empezado a buscar una solución frente a esto, El "sistema Tohá" es una tecnología de tratamiento de aguas residuales creada y desarrollada por el Dr. José Tohá Castellá en el laboratorio de Biofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Además, no sólo se beneficiará a una comunidad, sino que también se ayuda al medio ambiente mediante el tratamiento de las aguas de industrias; además las lombrices generan humus; abono rico en nutrientes y de un elevado valor comercial.

Lo más conveniente del proyecto es que no se agrega ninguna sustancia química; es eficiente por la pureza del agua y autosustentable, ya que ocupa poca energía y la lombriz utilizada "Eisenia Foétida" tiene la facultad de sobrevivir en escenarios adversos. Este sistema de tratamiento de aguas residuales creado en Chile es éxito en la India. F.A.A. (2015).

Todos los efluentes de los sistemas de tratamiento deben cumplir con ciertos parámetros cuyos valores máximos se resumen en la siguiente tabla presentado por WSP. El cumplimiento de estos valores permite la descarga directa al medio ambiente de los efluentes de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas.

Tabla N° 1. NORMAS DE VERTIDO ESTABLECIDAS EN PAÍSES DE CENTROAMÉRICA

País	Límites Máximos Permisibles					
	DBO5 mg/L	DQO mg/L	Sólidos suspendidos mg/L	Grasas y Aceites mg/L	SAAM Mg/L	Coliformes fecales NMP/100 mL
Guatemala	200	450	-	-	-	
El Salvador	30	60	60	10		1,000
Honduras	50	200	100	10	2	1,000
Nicaragua	90	180	80	10	3	1,000
Costa Rica	50	-	50	30	2	1,000

Fuente: Water and Sanation Program (2006)

A nivel nacional, nuestro país cuenta con tres vertientes hidrográficas: la del Atlántico (genera 97,7% de los recursos hídricos), la vertiente del Pacífico (1,8% de los recursos hídricos) y la vertiente del Titicaca (el restante 0,5%). La mayor parte de la población se encuentra ubicada en la vertiente del Pacífico, generando un problema de estrés hídrico: esto se da porque existe una demanda mayor de agua que la cantidad disponible, o cuando el uso del agua se ve restringido por su baja calidad.

En unos de los informes del MINAM indica que, aunque el Perú cuenta con la mayor disponibilidad per cápita de agua dulce renovable en América Latina (74,546 MMC/persona al año), la distribución de los recursos hídricos es asimétrica. La concentración de núcleos urbanos y de las actividades productivas en las tres vertientes hidrográficas genera una situación donde la demanda por los recursos hídricos es máxima en las zonas donde la disponibilidad y el abastecimiento de agua son más escaso.

Actualmente, de acuerdo con el volumen de vertimiento anual registrado en el Programa de Adecuación de Vertimientos y Reúso de Aguas Residuales

PAVER que existe en la Autoridad Nacional del Agua, alrededor de 54 m³/s de agua residual sin tratamiento, es entregado a fuentes superficiales. Según Fernandez, Minagri, & ANA, solo un 37,5% del agua dulce gris es tratado en el Perú, el resto fluye a través de las alcantarillas hacia el mar o es vertida a la tierra filtrándose hacia las napas freáticas donde contamina el agua subterránea.

La contaminación de las aguas es uno de los factores más importantes que rompen la armonía entre el hombre y su medio, no sólo de forma inmediata sino también a mediano y largo plazo; por tanto, la prevención y lucha contra dicha contaminación constituye actualmente una necesidad de importancia prioritaria. Todos los contaminantes contenidos en las aguas grises, causan serios problemas ambientales si se pueden incorporan directamente a un curso de agua no contaminado. Por ello es necesario que sean tratadas antes de su vertido, con el propósito de disminuir la carga del contaminante. Sin embargo, en el Perú es muy poco lo que se hace, ya que la población aun no toma conciencia ante este problema, la mayoría de los pobladores no están informados procedimientos elementales que se pueden seguir y así restituir su calidad, aunque sea parcialmente, para luego reutilizarla en ciertas actividades no potables.

Es por ello que actualmente, se viene promoviendo el mejoramiento y ampliación del sistema de tratamiento de las aguas residuales domésticas. Para ello, el gobierno nacional está invirtiendo en proyectos grandes que esperan cubran hasta el 100% de las aguas residuales de Lima y Callao. Entre las principales tenemos la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Carapongo, Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Chira y Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Taboada. Con estas dos últimas se espera cubrir al 100% el tratamiento de las aguas residuales de Lima y Callao.

Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de Carapongo genera una producción anual de agua potable de 342.67 m³ y el porcentaje de agua servida que reciben un tipo de tratamiento es de 22.18%. La planta fue diseñada inicialmente para tratar 140 l/s de aguas residuales, provenientes de las localidades de Chosica, Chaclacayo y poblaciones ribereñas del río Rímac; con el incremento de la población el caudal ha crecido hasta 500 l/s, recibiendo las aguas residuales domésticas de Huaycan y Horacio Zaballos. La población beneficiaria es de aproximadamente 263 000 habitantes. FONAM (2010).

A nivel local, el uso y las reservas de agua en la región Ica es un tema y una realidad de mucha importancia y preocupación para la población de esta zona del país que entre sus actividades principales es la agro-exportación, por lo que hay que buscar alternativas de solución. La explotación del agua subterránea del acuífero de Ica ha incrementado debido a la demanda de cultivos de agro-exportación llegando a 335 hm³/año superando significativamente el volumen de reserva explotable (190 hm³/año) llegando sobre explotación a 145 hm³/año. La napa freática disminuye a una velocidad de 1.4 m/año en el acuífero de Ica. ANA (2012).

Por otro lado, y según la misma fuente, durante el uso doméstico del agua, diariamente se descarga a las alcantarillas municipales aproximadamente el 90 % del agua usada, es decir 2 000 m³/hora. Esta agua es la llamada agua residual de uso doméstico, la misma que se elimina a través de los ductos del desagüe hacia el mar y en parte hacia las lagunas de oxidación, donde según EMAPICA, el proceso de recuperación es lenta y causa serios problemas ambientales en los alrededores, no solo por los olores que emana, sino por la proliferación de plagas y roedores, que no solo afectan a la población, sino también a los cultivos, los que llegan a los mercados sumamente contaminados.

Pese al gran desperdicio que se hace del agua dulce en la provincia de Ica, algunos distritos ya carecen de este líquido elemento y solo se le abastece a la población con media hora de agua, un equivalente de 50 litros/familia, en el caso de las familias que poseen servicio de agua y desagüe.

Por otro lado, la industria agroexportadora es una de las principales consumidoras de agua dulce, se considera que todas las empresas de este tipo instaladas en la provincia de Ica, diariamente consumen 5 000 m³ de agua del subsuelo, que luego de ser utilizada es descargada hacia la red del alcantarillado. Últimamente frente a la escasez cada vez más evidente del líquido elemento las autoridades de agricultura, encargadas del control de los pozos, ha fijado un máximo de uso del 30% de agua fresca en las labores industriales diarias, el otro 70% debe ser recuperada por las plantas y reutilizadas en el proceso. Esto ha creado ciertos problemas de orden técnico a las plantas esparragueras, las misma que almacenan durante semanas aguas servidas de proceso para que aclaren y luego descargarlas al desagüe, sin poder darle otra aplicación. Es en este punto donde se propone el tratamiento ecológico de estos efluentes para descontaminarlos y poder reutilizarlos, ahorrando de esta manera agua para otros usos.

En los Asentamientos Humanos alejados de la ciudad no existe ni servicios de agua ni desagüe, por lo que tienen que comprar el agua y luego de usarla desecharla directamente sobre la arena, tal como sucedía en A.A.H.H. Tierra Prometida. Actualmente ellos cuentan con un pozo el cual les abastece por media hora a un grupo de familias y es interdiario. Esto para la gente que es de bajos recursos constituye un problema enorme que no pueden remediarlo debido a que no reciben ayuda; pero que requiere pronta solución.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Espacial

La investigación se desarrollará en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017.

1.2.2. Delimitación Temporal

La investigación se desarrollará en los meses de junio a diciembre en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017.

1.2.3. Delimitación Social

La presente investigación involucrará a la población del Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema Principal

¿De qué manera el diseño de un sistema piloto con filtro multimedia para el tratamiento de aguas grises influirá en la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas tratadas en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017?

1.3.2. Problemas Secundarios

PS 1 ¿De qué manera el empleo de un sistema de recuperación con filtro multimedia influirá en la calidad fisicoquímica del agua gris tratada en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017?

PS 2 ¿De qué manera el empleo de un sistema de recuperación con filtro multimedia influirá en la calidad microbiológica del agua gris tratada en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017?

PS 3 ¿De qué manera el empleo de un sistema de recuperación con filtro multimedia influirá en la conservación del medio ambiente y en el mantenimiento de áreas verdes en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017?

1.4. Objetivo de la Investigación

1.4.1. Objetivo general

Determinar la influencia del diseño de un sistema piloto con filtro multimedia en la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas tratadas en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica-2017.

1.4.2. Objetivo Específicos

OE 1 Establecer de qué manera el diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influirá en la calidad fisicoquímica del agua gris tratada en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017.

OE 2 Verificar de qué manera el diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influye en la calidad microbiológica del agua gris tratada en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017.

OE 3 Demostrar de qué manera el diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influirá en el medio ambiente y en el mantenimiento de áreas verdes en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica-2017.

1.5. Justificación de la investigación

1.5.1. Justificación teórica

Desde el punto de vista teórico el presente estudio aportará nuevos conocimientos en el tratamiento de aguas grises, ya que empleará el carbón y capa de material orgánico como sustrato, previos a la arena y grava, con el fin de retener los detergentes y microorganismos patógenos, antes de filtrar el agua, de tal forma que ésta pasaría por el sistema lo más purificada posible.

Otra innovación es el uso de un floculante natural que se obtendrá a partir de los clododios de la tuna y que se agregarán en un determinado

porcentaje al agua que será recolectada en un tanque de floculación previo al filtro de arena, en el que se separarán los sólidos suspendidos, sin afectar la composición química del agua.

Así mismo se va a considerar el uso de un desinfectante natural, obtenido del sauce en forma de extracto y que posee un alto contenido de taninos, que es una sustancia antibacteriana natural y que reducirá la carga microbiana residual que pueda haber en el agua tratada. El uso de pequeños porcentajes de este desinfectante natural, no va alterar la calidad del agua.

1.5.2. Justificación metodológica

Cuando se hace tratamiento de agua, para verificar su calidad, su composición química es preciso realizar análisis químicos, por lo que el instrumento empleado será este. Se determinarán los parámetros fisicoquímicos del agua gris sin tratar y después del tratamiento con el fin de verificar los cambios y establecer la diferencia en la calidad del agua. Entre los ensayos a realizar están: cloruros, sulfatos, dureza total, alcalinidad, sólidos totales, sólidos disueltos, color, olor.

El agua gris se recolectará en un tanque al cual se le agregará un floculante natural obtenido a partir del clododio de la tuna por métodos físicos (extracción mecánica, secado al sol y pulverizado), el cual permitirá separar los sólidos suspendidos. En este primer tanque los sólidos se separan por precipitación y el agua libre de ellos pasará al filtro multimedia modificado, el cual será un típico filtro de arena pero que en las capas superiores contará con una capa de material orgánico que tendrá la función de retener los microorganismos. Seguidamente una capa de carbón vegetal pulverizado, lo que permitirá retener los detergentes y sustancias químicas empleadas en el hogar. Luego se producirá a través de la arena y grava la filtración convencional.

El agua filtrada será captada en otro tanque en el que se realizará la desinfección final agregando al agua un porcentaje mínimo de extracto de molle, el cual contiene taninos, sustancia germicida y que no alterará la composición química del agua. Este extracto se obtendrá haciendo hervir las hojas y tallos del molle en agua, en una relación de 2: 5. El agua así tratada se podrá reutilizar en los servicios higiénicos, regadío de áreas verdes.

1.5.3. Justificación practica

El presente trabajo se justificará desde el punto de vista tecnológico ya que se propondrá el uso de una tecnología barata y que podría ser implementada en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017.

Sin ningún problema ya que los implementos e insumos se obtendrán y venderán en Ica. Desde el punto de vista ecológico, la implementación de este proyecto permitiría, disminuir la contaminación que generarían las aguas grises cuando son desechadas directamente a los suelos propiciando drenaje y disolución de otros contaminantes que llegan hasta los acuíferos subterráneos.

El agua tratada permitiría a los habitantes de este asentamiento implementar jardines donde podrán cultivar ciertas especies de flora y generarse con ellos un ingreso adicional.

Consideramos que de no se adoptara este sistema, los pobladores del asentamiento humano Tierra Prometida-El Huarango, seguirán gastando dinero en la compra de agua potable en actividades no necesarias y con las aguas grises seguirán contribuyendo a la contaminación del medio ambiente. La aplicación de este proyecto

estará encaminada a la solución del gasto excesivo en compra de agua, el ahorro de agua y el tratamiento de aguas grises para reúso y riego.

1.6. Importancia de la investigación

La presente investigación es importante porque serviría para recuperar el agua gris y darle uso no potable (el regadío de plantas y jardines), lo que permitiría ahorrar el líquido elemento y diversificar su empleo. Con ello se pretende que las familias en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017, así ahorrarán dinero en la compra de agua potable y reaprovecharlas empleándolas en creación de áreas verdes (algunas plantas ornamentales) que les permitirá ingresos adicionales.

El estudio se basará en los criterios actuales de reciclar para ganar, es decir, tratar los residuos para obtener bienes que tengan un valor agregado y que sean rentables para los que se dedican a ello. Esta es una prioridad para la gente de estos asentamientos humanos ya que en su mayoría son personas de escasos recursos. Este estudio permitirá solucionar los problemas fundamentales de este asentamiento humano la reutilización del agua para áreas verdes y de esta manera mejoraría su economía disminuyendo el consumo de agua.

La trascendencia del presente proyecto, en el contexto científico, es que se empleará un recurso natural como la tuna en el tratamiento del agua, evitando de esta manera el empleo de compuestos químicos que podrían alterar la composición del agua, contaminándola.

1.7. Limitación de la investigación

1.7.3. Limitación Económica

Una de las limitaciones de mayor preocupación en el desarrollo de la investigación será el costo de los análisis de las aguas grises y las aguas tratadas, a nivel fisicoquímico. El costo de estos será un tanto

elevado por lo que en lo posible se tratará de hacer uno de cada uno de los parámetros.

1.7.4. Limitación tecnológica

El uso de tecnología es importante para la realización de este proyecto para proyectar donde se establecerá el sistema de recuperación de aguas grises el cual beneficiará a los en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017, se aplicará como herramienta de trabajo el Arcgis para realizar una topografía digital mediante el uso imágenes áster.

1.7.5. Limitación del tiempo

El tiempo proporcionado es insuficiente ya que es una investigación de nivel experimental y que esta necesita un tiempo más prolongado.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTO TEÓRICO
DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Referencial

2.2 Antecedentes de la investigación

2.2.1 Internacional

Título: Filtración de aguas residuales para reutilización

Nombre: Otero Calviño, Nathalia

Lugar y año: España (2008).

En esta tesis de Grado presentada al Departamento de Ingeniería Química y Tecnología Farmacéutica de la Facultad de Química de la Universidad de La Laguna, se llevó a cabo un estudio sobre la coagulación-filtración en lecho granular, como parte del tratamiento terciario del agua residual depurada, procedente de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de Santa Cruz de Tenerife, para ser reutilizada en riego agrícola mediante una compleja infraestructura. Se optimizó diferentes condiciones de operación y tipo de coagulantes, mediante pruebas de Jar Test, para luego ser utilizados en el proceso de filtración. En segundo lugar, se seleccionó los mejores coagulantes para su aplicación a un filtro piloto utilizar, para determinar las mejores

condiciones de filtración y mejorar la calidad del efluente de la EDAR. En tercer lugar, se han realizado experimentos de filtración con “Pumita”, como material filtrante autóctono, dadas sus características porosas y la abundancia del mismo.

Título: Tratamiento y reutilización de aguas grises con aplicación acaso en Chile.

Nombre: Franco Alvarado, María Verónica

Lugar y año: Santiago de Chile (2006).

Esta tesis su objetivo principal aportar una herramienta para mejorar la eficiencia del uso del agua potable en Chile, introduciendo el tema de reutilización de aguas grises, como un medio para disminuir la demanda de agua. Durante la elaboración de este trabajo se efectuó investigación de estudios internacionales en: caracterización de las aguas, tratamientos, usos posibles, riesgos entre otros.

El proyecto de tratamiento propuesto en base a filtros de arena, se insertó en un proyecto hotelero en Calama. Durante el diseño del sistema se efectuó una simulación de éste en un laboratorio. Los resultados del análisis de calidad de agua, obtenida de la simulación, fueron positivos en relación a normas internacionales y la norma NCh 1333, a excepción del sodio, esto debido a la alta concentración en el agua potable de Calama.

2.2.2 Nacional

Título: Tratamiento de los efluentes domésticos mediante humedales artificiales para el riego de áreas verdes en el distrito de San Juan de Marcona.

Nombre: Baca Neglia Máximo Fidel

Lugar y año: Callao. Perú (2012).

La investigación tuvo como objetivo demostrar la capacidad remocional de los Humedales Artificiales, frente a los efluentes domésticos, generados en el distrito de San Juan de Marcona, (SJM), y su reutilización para el riego de áreas verdes. Para demostrar la hipótesis de investigación, hubo la necesidad de construir un Humedal piloto, esta unidad se construyó y operó en las instalaciones de la Universidad Nacional del Callao, utilizándose los efluentes generados en la ciudad universitaria, en razón, de que por sus características estos son similares a los domésticos. Durante las pruebas de evaluación, para el caso de la DBO5 se obtuvo una remoción del orden de 90.71%, (salida 13 mg/L), los SST removidos alcanzaron una remoción de 90.90%, (salida 10.7mg/L), los Nitratos removidos alcanzaron el 50.06%, (salida 8.0 mg/L), mientras los Fosfatos removidos fueron del orden de 94.50%, (salida 0.50 mg/L), para el caso del Fierro se removió 90.30%, logrando un residual en el efluente de 0.6 mg/L, la remoción de los organismos patógenos, caso de los Coliformes Fecales alcanzó una remoción del orden de 99.99%, en todos los casos se cumplió con las exigencias de los Límites Máximos Permisibles de la Clase III, de agua para su reutilización en el riego de áreas verdes.

Título: Adaptación de un sistema de tratamiento de aguas residuales en la comunidad urbana de Lacabamba, Región Ancash, Perú; Usando tecnologías de humedales artificiales.

Nombre: Daniel Lovera, Lawrence Quipuzco, Gaudencio Laureano, Carolina Becerra, Nadezhda Valencia P.

Lugar y Año: Ancash (2010).

En la investigación buscan implementar y evaluar un sistema integral de manejo de aguas residuales en la comunidad urbana de Lacabamba

mediante el uso de sistemas de humedales artificiales para el tratamiento de aguas servidas y su reutilización en un biohuerto comunal, como una tecnología innovadora y limpia para reducir la contaminación de las fuentes superficiales de agua, proteger la salud de los habitantes y así poder evitar el deterioro del medio ambiente. Como resultados se obtuvo que el humedal artificial demostró tener una buena capacidad para eliminar sólidos en suspensión por filtración por parte del suelo. Con respecto a la remoción de la DBO5, a pesar que se obtuvo una remoción del 48% al inicio de la operación de sistema y se espera que con el tiempo esto mejore.

2.2.3 Local

Título: Empleo de biofiltros en el tratamiento de las aguas municipales para uso agrícola en el valle de Ica.

Nombre: Leyva Palomino, Belú Topacio.

Lugar y año: Ica (2012).

En esta investigación la autora, realiza un estudio teórico experimental, en el que emplea filtros con sustratos orgánicos, dispuestos en diferente nivel con el fin de lograr la eliminación total de los microorganismos patógenos del agua residual, y además incluye la cámara de luz ultravioleta con lo que logra el máximo de eliminación de la carga microbiana que posee el agua usada.

2.3 Marco teórico

2.3.1 Antecedentes de Sistemas de Tratamiento de Aguas Grises

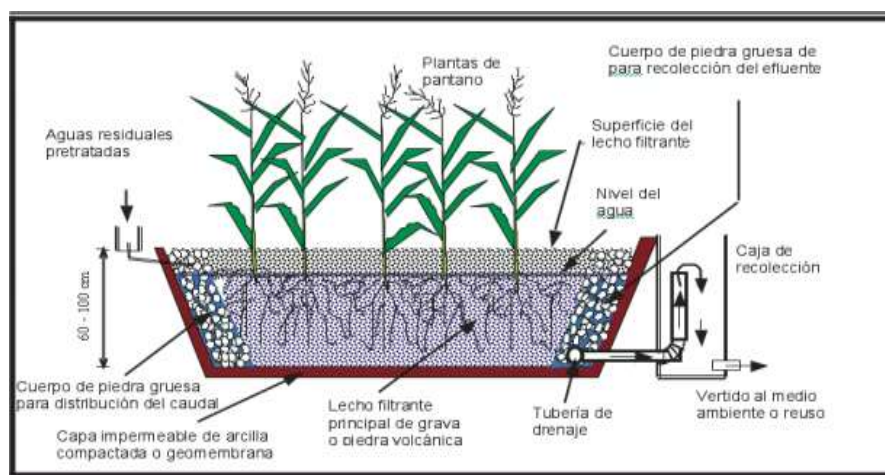
En algunos países se comercializan equipos para automatizar la separación de las aguas grises de las aguas negras ya que la separación de estas (aguas negras) es muy difícil, luego son tratadas y redistribuirlas por la casa. Los sistemas automatizados requieren de tratamiento con filtros y desinfección, y de bombas

para su distribución; la instalación y el mantenimiento de estos sistemas es costoso y laborioso.

A. Biofiltro o Humedales Artificiales

Un biofiltro es un humedal artificial de flujo subterráneo, sembrado con plantas de pantano en la superficie del lecho filtrante, por donde las aguas residuales pre-tratadas fluyen en forma horizontal o vertical. Consta de pilas rectangulares con profundidades que oscilan entre 60 y 100 cm, con un relleno de material grueso en las zonas de distribución (entrada) y recolección (salida). Durante su recorrido, que dura de tres a cinco días, el agua residual entra en contacto con zonas aeróbicas (con presencia de oxígeno) y anaeróbicas (sin presencia de oxígeno), ubicadas las primeras alrededor de las raíces de las plantas, y las segundas en las áreas lejanas a las raíces. Durante su paso a través de las diferentes zonas del lecho filtrante, el agua residual es depurada por la acción de microorganismos que se adhieren a la superficie del lecho y por otros procesos físicos tales como la filtración y la sedimentación. Water and Sanation Program (2006).

Figura Nº 1 SISTEMA DE TRATAMIENTO DEL BIOFILTRO

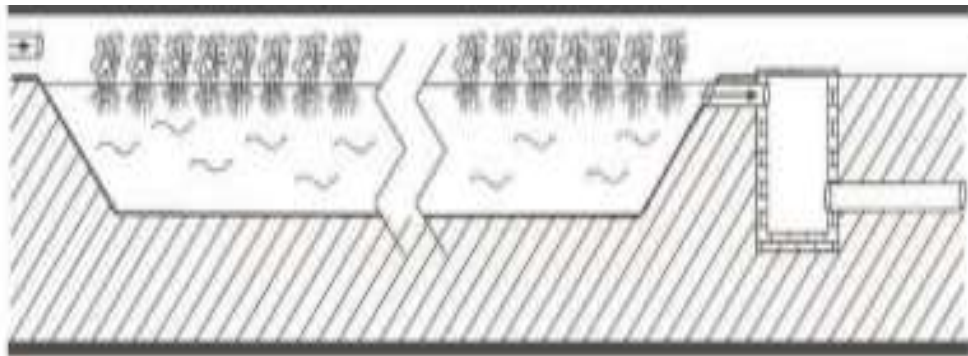


Fuente: Water and Sanation Program (2006)

B. Tratamiento con Macrófitas

Estos sistemas de tratamiento (acuáticos) se basan en el mantenimiento de una cobertura vegetal de macrofitas flotantes sobre la lámina de agua, y se disponen a modo de estanques o canales en serie, debidamente aislados, en los que discurre el influente. Su diseño contempla la remoción periódica de las plantas. Martelo & Borrero (2012).

Figura Nº 2 ESQUEMA DE SISTEMA CON ESPECIES FLOTANTES



Fuente: Manual de Fito depuración. Fernández (2000)

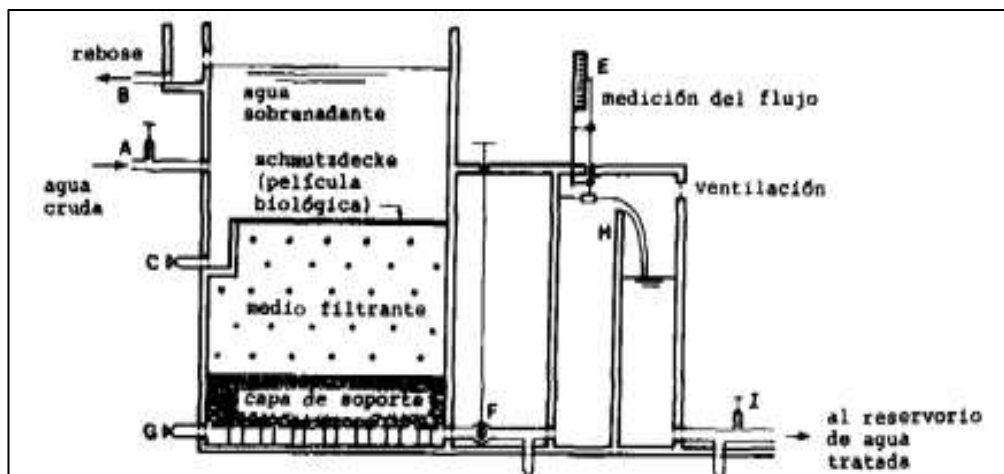
2.3.2 Tratamiento del agua gris asociado a mi sistema

La filtración lenta en arena (FLA) es el sistema de tratamiento de agua más antiguo del mundo. Copia el proceso de purificación que se produce en la naturaleza cuando el agua de lluvia atraviesa los estratos de la corteza terrestre y forma los acuíferos o ríos subterráneos. El filtro lento se utiliza principalmente para eliminar la turbiedad del agua, pero si se diseña y opera convenientemente puede ser considerado como un sistema de desinfección del agua.

A diferencia de la filtración rápida en arena, en la que los microorganismos se almacenan en los intersticios del filtro hasta

que se vierten nuevamente en la fuente por medio del retro lavado, la FLA consiste en un conjunto de procesos físicos y biológicos que destruye los microorganismos patógenos del agua. Ello constituye una tecnología limpia que purifica el agua sin crear una fuente adicional de contaminación para el ambiente. Un filtro lento consta de una caja o tanque que contiene una capa sobrenadante del agua que se va a desinfectar, un lecho filtrante de arena, drenajes y un juego de dispositivos de regulación y control. Van Dijk & Oomen (1978).

Figura Nº 3 ELEMENTOS BÁSICOS DE UN FILTRO DE ARENA



Fuente: Van Dijk & Oomen (1978)

A. Propiedades y descripción de la filtración lenta

El filtro lento se caracteriza por ser un sistema sencillo, limpio y eficiente para el tratamiento de agua. Su simplicidad y bajo costo de operación y mantenimiento lo convierte en un sistema ideal para zonas rurales y pequeñas comunidades, teniendo en cuenta además que los costos por área de terreno son comparativamente menores en estas zonas.

La filtración lenta, como se ha mencionado, es un proceso que se desarrolla en forma natural, sin la aplicación de ninguna sustancia química, pero requiere un buen diseño, así como una apropiada operación y cuidadoso mantenimiento para no afectar el mecanismo biológico del filtro ni reducir la eficiencia de remoción microbiológica. Huisman & Wood describieron en 1974 el método de desinfección por medio de la filtración lenta, como la circulación del agua cruda a baja velocidad a través de un manto poroso de arena. Durante el proceso, las impurezas entran en contacto con la superficie de las partículas del medio filtrante y son retenidas, desarrollándose adicionalmente procesos de degradación química y biológica que reducen la materia retenida a formas más simples, las cuales son llevadas en solución o permanecen como material inerte hasta un subsecuente retiro o limpieza.

El agua que ingresa a la unidad permanece sobre el medio filtrante, dependiendo de las velocidades de filtración adoptadas. Donde las partículas más pesadas que se encuentran en suspensión se sedimentan y las partículas más ligeras se pueden aglutinar, lo que facilita su remoción posterior.

Durante el día, bajo la influencia de la luz solar, se produce el crecimiento de algas, las cuales absorben bióxido de carbono, nitratos, fosfatos y otros nutrientes del agua para formar material celular y oxígeno. El oxígeno así formado se disuelve en el agua, entra en reacción química con las impurezas orgánicas y hace que éstas sean más asimilables por los microorganismos.

En la superficie del medio filtrante se forma una capa constituida por material de origen orgánico, conocida con el nombre de “schmutzdecke” o “piel de filtro”, a través de la cual tiene que pasar el agua antes de llegar al propio medio filtrante. El schmutzdecke o capa biológica está formado principalmente por algas y otras numerosas formas de vida, como bacterias. La acción intensiva de estos microorganismos atrapa, digiere y degrada la materia orgánica contenida en el agua. Estos microorganismos pueden ser aerobios.

Las algas muertas, así como las bacterias vivas del agua cruda son también consumidas en este proceso. Al mismo tiempo que se degradan los compuestos nitrogenados se oxigena el nitrógeno. También se remueve algo de color y una considerable proporción de partículas inertes en suspensión es retenida por cernido. Una vez que el agua pasa a través del schmutzdecke, entra al lecho filtrante y es forzada a atravesarlo en un proceso que normalmente toma varias horas y en el que se desarrollan diversos procesos físicos y biológicos que constituyen el proceso final de purificación. En el cual podemos observar su efecto purificador frente algunos parámetros. Van Dijk & Oomen (1978).

Tabla Nº 2 RENDIMIENTO DEL FILTRO DE ARENA

parámetro	efecto purificador
materia orgánica	los filtros lentos de arena producen un efluente claro, virtualmente libre de materia orgánica
bacterias	puede eliminarse entre el 99% y el 99.99% de bacterias patógenas; las cercarias de esquistosoma, los quistes y huevos son eliminados aún en mayor grado <i>E. Coli</i> * se reduce entre 99% y 99.9%
virus	en un filtro lento de arena ya maduro los virus se eliminan en forma virtualmente total
color turbiedad	el color se reduce en forma significativa puede tolerarse en el agua cruda turbiedades de 100-200 UH* sólo por unos pocos días; turbiedades de más de 50 UN son aceptables sólo por unas pocas semanas; de preferencia, la turbiedad del agua cruda debe ser menor de 10 UN; para un filtro diseñado y operado con propiedad, la turbiedad del efluente será menor de 1 UN

Fuente: Van Dijk(1978)

B. Mecanismos de funcionamiento en la filtración lenta

En el proceso de filtración lenta actúan varios fenómenos o mecanismos físicos similares a los de la filtración rápida previos al mecanismo biológico que desinfecta el agua. Estos mecanismos son muy importantes, dado que permiten la concentración y adherencia de las partículas orgánicas al lecho biológico para su biodegradación. A continuación se describe brevemente la función de cada uno de los mecanismos físicos o de remoción que se producen en la filtración lenta, así como el mecanismo biológico responsable de la desinfección. Canepa Vargas (1998).

- **Mecanismo de Transporte**

Esta etapa de remoción básicamente hidráulica ilustra los mecanismos mediante los cuales ocurre la colisión entre las partículas y los granos de arena. Estos mecanismos

son: cernido, intercepción, sedimentación, difusión y flujo intersticial.

- **Cernido**

En este mecanismo, las partículas de mayor tamaño que los intersticios del material filtrante son atrapados y retenidas en la superficie del medio filtrante.

- **Intercepción**

Mediante este mecanismo las partículas pueden colisionar con los granos de arena.

- **Sedimentación**

Este mecanismo permite que las partículas sean atraídas por la fuerza de gravedad hacia los granos de arena, lo que provoca su colisión. Este fenómeno se incrementa apreciablemente por la acción de fuerzas electrostáticas y de atracción de masas.

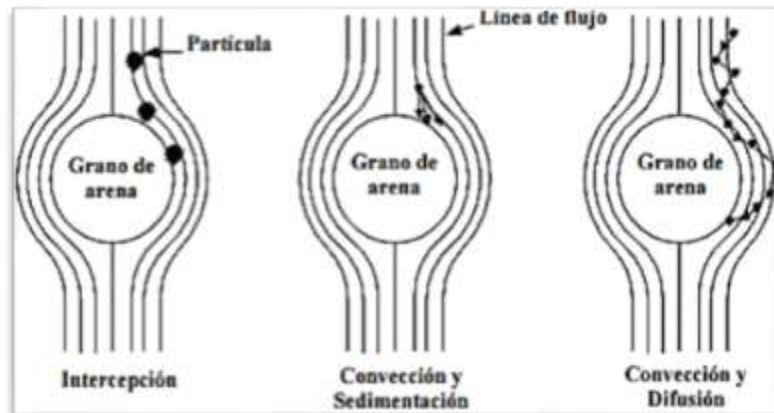
- **Difusión**

Se produce cuando la trayectoria de la partícula es modificada por micro variaciones de energía térmica en el agua y los gases disueltos en ella, lo cual puede provocar su colisión con un grano de arena.

- **Flujo intersticial**

Este mecanismo se refiere a las colisiones entre partículas debido a la unión y bifurcación de líneas de flujo que devienen de la tortuosidad de los intersticios del medio filtrante. Este cambio continuo de dirección del flujo crea mayor oportunidad de colisión.

Figura Nº 4 MECANISMO DE TRANSPORTE



Fuente:

CEPIS-OPS (1998)

- **Mecanismo de adherencia**

Este mecanismo es el que permite remover las partículas que, mediante los mecanismos arriba descritos, han colisionado con los granos de arena del medio filtrante. La propiedad adherente de los granos de arena es proporcionada por la acción de fuerzas eléctricas, acciones químicas y atracción de masas, así como por película biológica que crece sobre ellos, y en la que se produce la depredación de los microorganismos patógenos por organismos de mayor tamaño tales como los protozoarios y rotíferas.

- **Mecanismo biológico de desinfección**

Como se indicó anteriormente, la remoción total de partículas en este proceso se debe al efecto conjunto del mecanismo de adherencia y el mecanismo biológico. Es necesario que para que el filtro opere como un verdadero

“sistema de desinfección” se haya producido un schmutzdecke vigoroso y en cantidad suficiente. Solo cuando se ha llegado a ese punto, el FLA podrá operar correctamente. Entonces se dice que el filtro (o el manto) “está maduro”.

Al iniciarse el proceso, las bacterias depredadoras o benéficas transportadas por el agua utilizan como fuente de alimentación el depósito de materia orgánica y pueden multiplicarse en forma selectiva, lo que contribuye a la formación de la película biológica del filtro. Estas bacterias Partícula Grano de arena oxidan la materia orgánica para obtener la energía que necesitan para su metabolismo (desasimilación) y convierten parte de ésta en material necesario para su crecimiento (asimilación). Así, las sustancias y materia orgánica muerta se convierten en materia viva. Los productos de la desasimilación son llevados por el agua a profundidades mayores y son utilizados por otros organismos.

2.3.2 Aguas Grises

Las aguas grises se pueden definir como aguas residuales resultantes de las actividades cotidianas de aseo de las personas y los utensilios y el lavado de ropa, libre de excretas de humanos y animales. Según la Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental las aguas grises son:

“-Las aguas residuales son aquellas aguas cuyas características originales han sido modificadas por actividades humanas y que por su calidad requieren un tratamiento previo, antes de ser reusadas,

vertidas a un cuerpo natural de agua o descargadas al sistema de alcantarillado” p.2

La OEFA (2014) clasifica las aguas residuales en 3 grupos: aguas residuales municipales, aguas residuales domésticas, aguas residuales industriales:

“Las aguas industriales: Son aquellas que se obtienen luego del desarrollo de cualquier actividad industrial (proceso productivo), incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial.”

“Las aguas municipales: Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas provenientes del drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial con un previo tratamiento, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado.”

“Aguas residuales domesticas: Son todas aquellas ya sea de origen residencial o comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente.” p.3

Dentro de las aguas residuales domésticas encontramos las aguas grises y aguas negras. Las aguas grises son las que dentro de su composición no contiene desechos humanos, si no las que utilizamos para nuestra higiene corporal o de nuestra casa y sus utensilios (sobrantes de baños, duchas, lavaderos y lavadoras). Esta distinción se hace ya que estas aguas (las grises) se podrían aprovechar para actividades que no requieren de agua de calidad potable. Díaz Corrales (2008).

Sin embargo, se sabe que en el sistema de drenaje típico presente en los hogares desecha toda el agua directamente al drenaje junto con las aguas negras, contaminando así las aguas grises e impidiendo su posible aprovechamiento.

Según el INECC - Instituto Nacional de Ecología Cambio Climático (2009), las aguas grises:

“...representan entre el 50% y el 80% de las aguas residuales residenciales, y pueden ser aprovechadas para evacuar inodoros, regar jardines o realizar la limpieza de ciertas áreas”.

Figura Nº 5 ASPECTO DE LAS AGUAS GRISES CASERAS



Fuente: Propia

2.3.3 Características del Agua gris

A. Características Físicas

Entre las más importantes del agua gris es el contenido total de sólidos, término que engloba la materia en suspensión, la materia sedimentable y la materia disuelta. Otras características físicas importantes son el olor, la temperatura, el color y la turbiedad.

• **Sólidos Totales**

Se define los sólidos totales como el residuo sólido resultante de someter un determinado volumen de agua (50 ml) a un proceso de evaporación a una temperatura de 105°C.

En su manual de análisis de agua Enrique Jimeno Sostiene que:

“Los sólidos totales involucran materia orgánica disuelta o suspendida y materia inorgánica disuelta como las sales de diferentes metales (carbonatos, sulfatos, nitratos, etc)”. Jimeno Blasco (1998)

No se define como sólida aquella materia que se pierde durante la evaporación debido a su alta presión de vapor. Eddy & Metcalf (1995).

• **Sólidos en Suspensión (SS)**

Los sólidos suspendidos son partículas muy pequeñas que se encuentran dispersas en todo el volumen del agua y que en parte sedimentan. Los sólidos suspendidos son transportados gracias a la acción de arrastre y soporte del movimiento del agua.

Según GEDAR Los Sólidos en suspensión se clasifican en Sólidos Sedimentables o Coloidales.

• **Sólidos Coloidales**

Los sólidos coloidales consisten en limo fino, bacterias, partículas causantes de color, virus, etc., los cuales no sedimentan sino después de periodos razonables. Tampoco son eliminables por métodos físico o mecánicos, siendo necesario un proceso de floculación. Su efecto global se traduce en el color y la turbiedad de aguas sedimentadas sin coagulación.

- **Sólidos Sedimentables**

Los sólidos sedimentables se definen como aquellos que sedimentan en el fondo de un recipiente en el transcurso de un tiempo determinado, debido a su mayor tamaño (mayores de 0,01 mm) y a la fuerza de la gravedad. Son eliminados fácilmente mediante procesos físicos o mecánicos.

- **Sólidos Disueltos**

Los sólidos disueltos (menos de 0.01mm), es el material orgánico o inorgánico soluble en agua que es recuperado mediante evaporación y posterior secado en estufa a 105°C.

Entre los sólidos disueltos se encuentran una gran cantidad de sales inorgánicas tales como los carbonatos y los cloruros, los mismos que se separan del agua mediante métodos químicos empleando para ello reactivos como el sulfato de aluminio o el cloruro de hierro. También se emplean métodos físicos como la ósmosis inversa, la desionización con resinas catiónicas y aniónicas, etc.

- **Turbiedad**

El término turbidez se aplica a aguas que contienen materia suspendida o coloidal dispersa, impide el paso de la luz a través del agua. Esta puede ser causada por una amplia variedad de materiales suspendidos que varían de tamaño dependiendo del grado de agitación. La medida de la turbidez se hace mediante una escala arbitraria llamada "Unidades de turbiedad". Jimeno Blasco (1998).

La medición de la turbiedad se lleva a cabo mediante la comparación entre la intensidad de la luz dispersada en la muestra

y la intensidad registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones.

- **Color**

El color en el agua puede ser el resultado de la presencia de iones metálicos naturales (hierro y manganeso), humus, turba, plancton, vegetales y desechos industriales. El color es eliminado del agua para que pueda ser utilizada. APHA (1995)

Experimentalmente se establece el valor correspondiente a la coloración de la muestra, por comparación visual con soluciones patrón de platino cobalto previamente preparado y la unidad de color es la producida por 1 mg/L de platino en forma de ion cloroplatinato de potasio y 0,5 mg de cobalto como cloruro cobaltoso. Con estas sustancias se logra una escala de colores llamada escala Platino-cobalto.

B. Características Químicas

Las características químicas de las aguas grises, como de toda agua residual, se ven alteradas debido al ingreso en ellas de una serie de sustancias solubles, como las sales inorgánicas, los compuestos químicos que conforman los detergentes, jabones, los mismos que aumentan la concentración de cloruros, sulfatos, nitratos, carbonatos, que afectan la dureza, la alcalinidad, el pH, el DBO y el DQO del agua.

- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

La DBO mide la cantidad de oxígeno consumido en la degradación Bioquímica de la materia orgánica mediante procesos biológicos aerobios.

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), es afectada por la temperatura del medio, por las clases de microorganismos presentes, por la cantidad y tipo de elementos nutritivos presentes. La DBO de una muestra de agua expresa la cantidad de miligramos de oxígeno disuelto por cada litro de agua, que se utiliza conforme se consumen los desechos orgánicos por la acción de las bacterias en el agua. La demanda bioquímica de oxígeno se determina midiendo el proceso de reducción del oxígeno disuelto en la muestra de agua manteniendo la temperatura a 20°C en un periodo de 5 días (DBO5). Eddy & Metcalf (1995).

- **La DQO**

La DQO es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medio de Dicromato de Potasio, en una solución de Ácido Sulfúrico y convertirla en dióxido de carbono y agua, en consecuencia, la DQO representaría la cantidad de oxígeno necesaria para estabilizar químicamente una muestra. Sette (1996).

El valor de la DQO es superior al de la DBO5, ya que muchas sustancias orgánicas pueden oxidarse químicamente, pero no biológicamente. Es común utilizar como indicador de estabilidad la razón DQO/DBO.

- **El pH**

Mide la concentración de iones hidrógeno en el agua, teniendo valores que van desde 0 (muy ácido) a 14 (muy alcalino), siendo pH = 7 el valor neutro. Si es bajo, indica la acidificación del medio, por el contrario, un pH elevado indica una baja concentración de estos iones, y por tanto, una alcalinización del medio. El pH es un factor clave en el crecimiento de los microorganismos, siendo un estrecho

rango el ideal para el crecimiento de éstos. El pH del agua gris va a aumentar o disminuir en relación con los contaminantes que ingresen a esta.

• **El Fósforo**

Fósforo El fósforo generalmente se encuentra en aguas naturales, subterráneas y residuales tratadas, como diversos fosfatos, especialmente como ortofosfato PO_4^{-3} Cartro (2003).

Según Karl-Slevogt-Straße (2004), en las aguas naturales el fósforo aparece en tres formas: ortofosfato inorgánico disuelto, compuestos orgánicos de fósforo disuelto y fósforo en partículas (ligado a la biomasa o depositado en partículas). La suma de los tres tipos de fósforo es considerada como el contenido total de fósforo (P_{tot}), que es un parámetro importante a considerar en las operaciones de las plantas de tratamiento de aguas. Según Crites y Tchobanoglous (2000) la distribución de varias especies de fosfatos es una función estricta del pH.

Tabla Nº 3 VARIACIÓN DEL CONTENIDO DE FOSFORO SEGÚN EL PH

Tipo de fósforos	pH			
	0-2,15	2,15-7,2	7,2-12,35	12,35-14
Fosfatos presentes	H_3PO_4	$H_2PO_4^-$	HPO_4^{2-}	PO_4^{3-}
Nombre común	Ácido fosfórico	Fosfato primario	Fosfato secundario	Ortofosfato

Fuente: Crites, R y G. Tchobanoglous (2000)

2.3.4 Componentes del Agua Gris

Los detergentes son productos que se usan para la limpieza y están formados básicamente por un agente tensoactivo que actúa modificando la tensión superficial disminuyendo la fuerza de adhesión de las partículas (mugre) a una superficie; por fosfatos que tienen un efecto ablandador del agua y flocculan y emulsionan a las partículas de mugre, y algún otro componente que actúe como solubilizante, blanqueador, bactericida, perfumes, abrillantadores ópticos (tinturas que dan a la ropa el aspecto de limpieza), etc. Plan Verde (2011)

Los tenso activos son moléculas orgánicas grandes que se componen de dos grupos: uno insoluble en agua y otro soluble. Crites, R y G. Tchobanoglous (2000).

Los tenso activos provienen de la descarga de detergentes domésticos, lavanderías industriales y otras operaciones de limpieza. Mendonça (2000).

2.3.5 Implementación del sistema de recuperación propuesto

2.3.5.1 Materiales Utilizados

El sistema de recuperación de aguas grises propuesto será un conjunto de reservorios o tanques que permitirá eliminar los sólidos totales del agua gris, de manera ecológica ya que en el proceso no se emplean reactivos químicos, sino, sustancias naturales obtenidas a partir de ciertas especies vegetales. Estos productos serán:

Los carbohidratos de la *Opuntia ficus* (tuna), los mismos que tendrían la propiedad de actuar como flocculantes debido a los carbohidratos, permitiendo la aglomeración de los sólidos dispersos en el líquido y precipitarlos.

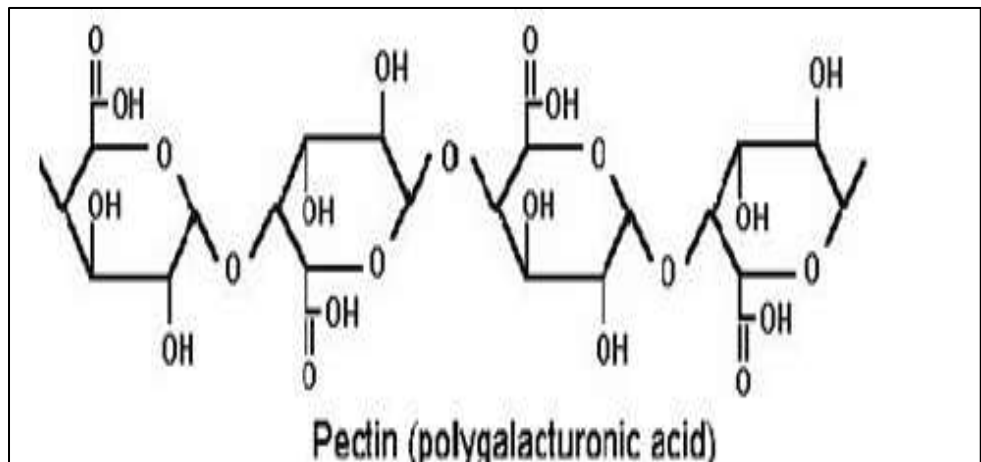
La pectina es un hidrato de carbono (polímero), que tiene un peso molecular alto y está presente en todas las plantas,

principalmente en forma de protopectina. La pectina tiene una influencia importante sobre las células de las plantas, ya que la protopectina y la celulosa componen la estructura de las paredes celulares.

Composición

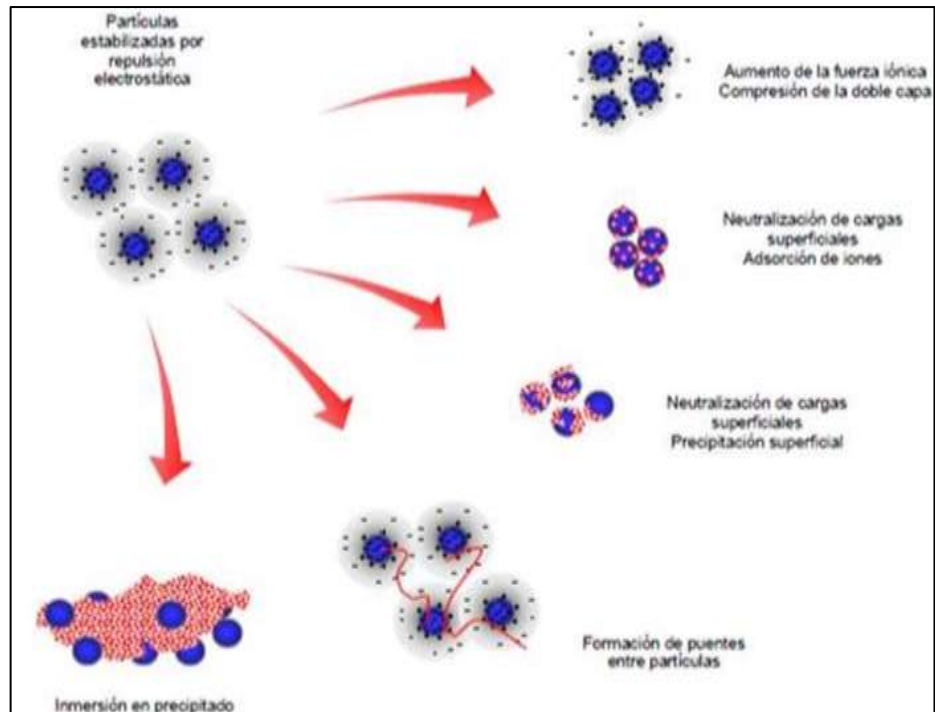
La pectina está constituida principalmente por una cadena de unidades de ácido galacturónico, que están unidos por α -1,4 glucosídicos

Figura N° 6 ESTRUCTURA DE LA PECTINA



Fuente: Fishman, M.lo y J.J. Jen, 1986

Figura N° 7 MECANISMO DE FLOCULACIÓN DE PARTÍCULAS COLOIDALES



Fuente: Martinez.2007

Figura N° 8 OPUNTIA FICUS



Fuente: Propia

El carbón activo vegetal, se obtendría mediante la combustión sin oxígeno de la leña de sauce (*Salix chilensis* Molina), el mismo que se pulverizará hasta obtener un polvo fino que será agregado en una capa de 10 cm en el filtro de arena y cuya función será retener los químicos (detergentes, Colorantes, sabores y olores) que se puedan encontrar en el agua gris.

El extracto de sauce, que se extraerá de las hojas y tallos de la planta. Este extracto tiene un alto contenido de taninos (hasta un 10%), sustancia de comprobada acción microbiana y que mata hongos, bacterias y virus patógenos, especialmente *Salmonella* y *scherichia coli*, causantes de enfermedades estomacales.

Los taninos están presentes en casi todas las especies a excepción de las criptógamas y las fanerógamas. Su presencia en la planta se debe a la necesidad de proteger a las raíces de la putrefacción. (3-4% en hojas)

Tabla Nº 4 PRINCIPALES PLANTAS QUE SON FUENTE DE TANINOS

FAMILIA	GÉNEROS	ESPECIE (nombre vulgar)
Anacardiáceas	Rhus	Zumaque
Betuláceas	Shimopsis	Quebracho
Combretáceas	Betula	Abedules
Coriáceas	Langunlaria	Mi rabolano
Fagáceas	Coriaria	Roido
	Castanea	Castafios
	Quercus	Robles, Valones, Encina, Alcornoque
Leguminosas	Acacia	Falsas acacias
	Cassia	Tana, Divi-divi
	Robinea	Algarobil
	Caesalpineia	
Myrtáceas	Eucalyptus	
Pináceas	Pinus, Abies, Picea, Tsuga	
Rhizophoráceas	Rhizophora	Mongivo
	Ceripos	
Salicaceae	Salix	Sauces

Fuente: charles russell, 1950

Polvo de papa (*Solanum tuberosum*), que se depositará en el filtro como una primera capa, y que ejercerá la función de biofiltro, capturando los microorganismos que puedan existir en el agua gris y que permitirá eliminar la carga microbiana para restituir la calidad del agua y poder utilizarla en el regadío.

B. Componentes del Sistema de Recuperación

Este sistema se implementará en la población del Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017; la información obtenida es que este asentamiento no cuenta con un sistema de desagüe; pero tienen un pozo que es administrado por una junta de usuario quienes brindan el servicio de agua interdiario por un periodo de media hora. Recopilando los datos a los moradores de dicho lugar la mayoría comenta que son 20 min que reciben de agua lo cual no abastece sus necesidades y muchas veces algunos tienen que comprar el líquido elemento a los camiones cisternas que pasan por ahí.

El presente sistema estará diseñado para esta población teniendo en cuenta los resultados que se obtendrá del sistema piloto que se realizará en el Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida Ica, 2017, manifestando un consumo aproximado de 3 a 4 baldes de 150 litros/día por familia; lo que nos daría un promedio de 200 litros/persona aproximadamente. El sistema de recuperación constará de las siguientes partes:

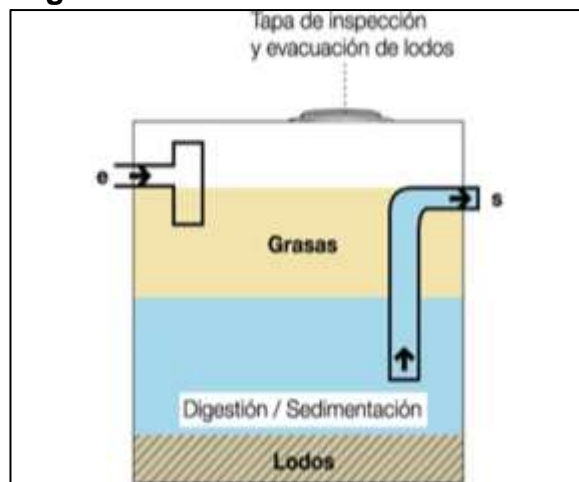
• Tanque de Separación de Grasas

Tanque de un metro cúbico de capacidad, de concreto con dos salidas: una en la parte superior por donde se descargará el aceite colectado y otro inferior por donde se retirará el agua sin aceite. A este tanque llegará el agua gris desde los lavaderos y la ducha de la casa. Esta agua antes de entrar al tanque pasará por un tamiz (rejilla para sólidos) que retendrá partículas de comida u otro sólido

que pudiera arrastrar el agua y que tendrá un diámetro de 0,5 mm como mínimo.

Este tanque es 60 cm por lado y de 120 cm de profundidad, con estas dimensiones se lograría una separación rápida de la grasa que debido a su baja densidad flotaría sobre el agua y de los sólidos saponificados que se precipitarán al fondo del separador. El tubo de salida se situará a 15 cm del fondo a fin de que no arrastre sólidos en su salida. Este tipo de diseño permitirá además aprovechar la temperatura del suelo que, en el día, que superará los 25 o 30 °C logrando la ruptura de las emulsiones agua-aceite que se formará durante el lavado de la vajilla.

Figura Nº 9 SEPARADOR DE GRASAS



Fuente: Maydisa (2016)

• Tanque de Sedimentación

Es un recipiente de un metro cúbico de capacidad al que llegará el agua sin aceite, y al cual se agregará un 2% de polvo de carbohidratos de la penca (clododio) de la tuna, donde se agitará manualmente todo el contenido y se dejará reposar durante la noche para que se produzca la floculación y posterior sedimentación de las partículas sólidas, causantes de la turbidez

del agua. Este tanque tendrá un tubo de descarga que sale a 15 cm del fondo del recipiente y que por gravedad llevará el agua clara hacia el biofiltro multimedia modificado.

Figura N° 10 TANQUE DE SEDIMENTACIÓN



Fuente: Maydisa (2016)

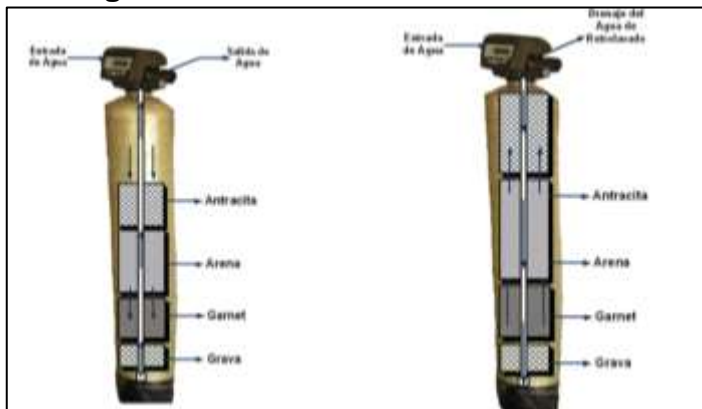
• **Tanque de Filtro Modificado**

Es un filtro de arena, armado dentro de una carcasa de concreto delgado, en el que se colocará las diferentes capas, comenzando con grava gruesa en la parte inferior, seguida de piedras más pequeñas y luego arena gruesa, sobre la cual se depositará una capa de arena blanca fina (30 cm de alto). Encima de la arena fina se distribuirá una capa de carbón activo vegetal que ha sido pulverizado hasta grano fino (Malla 80) con una altura de 10 cm.

Esta capa de Carbón Activo el carbón activo eliminará los detergentes duros por adsorción. Su poder de retención sería mucho más elevado para los detergentes que para los fenoles (2 a 5 veces, según los carbones), para una misma concentración final en el equilibrio. Pueden conseguirse reducciones del 50 % del contenido en detergentes con dosis de 12,5 a 25 g/m³ de agua, según la naturaleza de los detergentes y el tipo de decantador utilizado. Degremont (1979)

Finalmente se colocará una capa de sustrato orgánico obtenido por la pulverización de papa (Harina de papa), que actuará como un filtro biológico, captando la carga microbiana del agua gris. Este filtro puede tener el mismo diseño de los tanques, es decir, de forma cuadrada, de un metro por lado y 1 metro de profundidad.

Figura N° 11 FILTROS MULTIMEDIA



Fuente: Degremont, 1979

- **Tanque de desinfección**

Este es otro tanque de las mismas características que los anteriores y se emplea para recibir el agua filtrada y realizar la desinfección con el extracto tánico de sauce, el mismo que se agrega en una proporción de 1%, a fin de evitar la formación de nata de hongos y eliminar las bacterias y virus residuales que no hayan podido ser eliminadas en el biofiltro. Se ha demostrado que la permanencia del agua en presencia del desinfectante durante una noche es suficiente para eliminar la carga microbiana.

- **Tanque de Almacenamiento**

Tanque de 2 metros cúbicos, que puede construirse en caso el uso excesivo de agua en las labores de la casa y sea preciso almacenar el agua tratada. Este tanque deberá de ser construido con tapa a fin de que no pase luz solar ni polvo y su conservación se pueda mantener por una semana en constante renovación con agua tratada. Esta agua se puede bombear al tanque de agua para

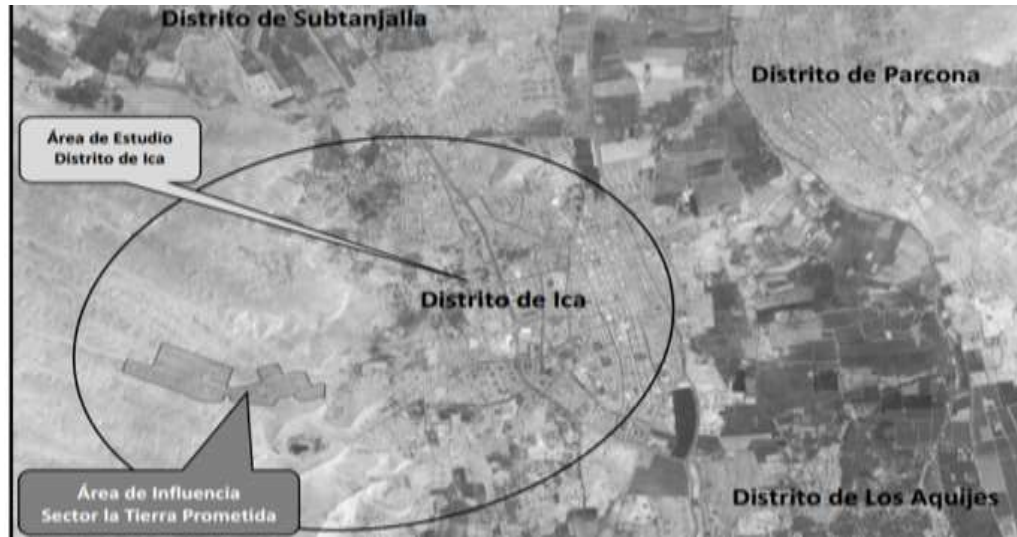
los servicios higiénicos (específicamente para el inodoro) y creación de áreas verdes, en donde para optimizar el uso del agua el regado deberá ser por el método de goteo.

2.4 Marco Histórico

El asentamiento humano Tierra prometida- el Huarango se formó después del terremoto del 2007. Este asentamiento humano en el año 2008 certifica y formaliza las diferentes propiedades donde la población ya se había establecido a través de COFOPRI. El Huarango consta con 235 lotes, cuentan con áreas de equipamiento urbano como: recreación pública y servicios publico complementarios. Se encuentra a 15 minutos del centro de Ica. Los pobladores de este asentamiento humano como se sabe aún no cuentan con servicio de alcantarillado, lo cual viene siendo una problemática en este lugar. Muchas veces el servicio de agua potable interdiario brindado a los pobladores por 20min, no abastece para cubrir sus necesidades por lo cual se ven obligados a comprar el líquido elemento.

Al no contar con servicio de alcantarillado las aguas grises, procedentes de sus diferentes actividades, son vertidas directamente al suelo sin ningún control previo. Por lo cual no hay tecnologías adaptadas anteriormente para un reaprovechamiento de estas aguas hasta el día de hoy.

Figura Nº 12 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL A.A.H.H TIERRA PROMETIDA



Fuente: Google Earth

2.5 Marco Conceptual

✓ Agua contaminada

La presencia en el agua de suficiente material perjudicial o desagradable para causar un daño en la calidad del agua.

✓ Aguas grises

Aguas domésticas residuales compuestas por agua de lavar procedente de la cocina, cuarto de baño, aguas de los fregaderos, y lavaderos.

✓ Aguas negras

Aguas que contienen los residuos de seres humanos, de animales o de alimentos.

✓ Aguas receptoras

Un río, un lago, un océano, una corriente de agua u otro curso de agua, dentro del cual se descargan aguas residuales o efluentes tratados.

✓ **Aguas residuales**

Fluidos residuales en un sistema de alcantarillado. El gasto o agua usada por una casa, una comunidad, una granja, o industria que contiene materia orgánica disuelta o suspendida.

✓ **Aguas residuales municipales**

Residuos líquidos, originados por una comunidad. Posiblemente han sido formados por aguas residuales domésticas o descargas industriales.

✓ **Carbón activado**

Este posiblemente es el medio más comúnmente usado para la adsorción, producido por calentamiento de sustancias carbonosas o bases de celulosa en ausencia de aire. Tiene una estructura muy porosa y se utiliza comúnmente para quitar la materia orgánica y los gases disueltos en el agua. Su aspecto es similar al carbón o a la turba. Disponible en forma granular, en polvo o bloque la; la forma en polvo tiene la capacidad más alta de adsorción.

✓ **Coágulos**

Sólido precipitado en el filtro después de que la filtración tenga lugar.

✓ **Coagulación**

Desestabilización de partículas coloidales por la adición de un reactivo químico, llamado coagulante. Esto ocurre a través de la neutralización de las cargas.

✓ **Filtración de arena**

La filtración de arena es frecuentemente usada y es un método muy robusto para eliminar los sólidos suspendidos en el agua. El medio de filtración consiste en múltiples capas para arenas con variedad en el tamaño y gravedad específica. Filtros de arena pueden ser suministrados para

diferentes tamaños y materiales ambas manos operan de totalmente de forma automática.

✓ **Filtración por flujo cruzado**

Un proceso que usa flujo cruzado opuesto a la superficie de la membrana para minimizar el crecimiento de partículas.

✓ **Filtración profunda**

Proceso de tratamiento en el cual, todo el fondo del filtro es usado para atrapar partículas insolubles y suspendidas en el que se evita que el agua fluya a través de él.

✓ **Filtrado**

Un líquido que ha sido pasado a través de un medio de filtro.

✓ **Floculación**

Acumulación de partículas desestabilizadas y micro partículas, y posteriormente la formación de copos de tamaño deseado. Uno debe añadir otra sustancia química llamada floculante en orden de facilitar la formación de copos llamados flóculos.

✓ **Flóculo**

Masa floculada que es formada por la acumulación de partículas suspendidas. Puede ocurrir de forma natural, pero es usualmente inducido e orden de ser capaz de eliminar ciertas partículas del agua residual.

2.6 Marco legal

Tabla N° 5 MARCO LEGAL Y NORMATIVO

Constitución Política del Perú	31/10/1993	Base del ordenamiento jurídico nacional.
Ley de Reforma sobre Descentralización	Ley N° 27680	Las municipalidades promueven, apoyan y reglamentan la participación vecinal en el desarrollo local.
Ley General de Salud	Ley N° 26842	El abastecimiento del agua, alcantarillado, disposición de excretas, reuso de aguas servidas y disposición de residuos sólidos sujetos a las disposiciones que dicta Autoridad de Salud competente, la que vigilara su cumplimiento.
Ley General del Ambiente	Ley N° 28611	El estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de reutilización considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria de reuso, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizan.
Aprueban los ECA para Agua	Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM	Aprueban estándares de calidad ambiental para agua publicado en el Diario El Peruano el 31 de Junio de 2008.
Aprueban disposiciones para la implementación de los ECAs para Agua	Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM	Aprueban disposiciones para la implementación de los estándares nacionales de calidad ambiental (ECA) para agua. A partir del 01 de Abril del 2010.
Aprueban Límites Máximos Permisibles para los efluentes de PTAR Domésticas o Municipales	Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM	Cumplimiento de los límites máximos permisibles de PTAR.
Ley Marco para la Inversión Privada	D.L. N° 757	Garantiza la libre iniciativa y las inversiones privadas en todos los sectores de la actividad económica y en cualquiera de las formas empresariales o contractuales permitidas por la Constitución y las Leyes.
Ley de Recursos Hídricos	Ley N° 29338 (2009)	Regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta.

Fuente: FONAM

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis de la investigación

3.1.1. Hipótesis General

El diseño de un sistema piloto con filtro multimedia para el tratamiento de aguas grises influirá directa y significativamente en la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas tratadas en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017.

3.1.2. Hipótesis Específicas

HE 1 El diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influirá significativamente en la calidad fisicoquímica del agua gris tratada en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017.

HE 2 El diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influirá significativamente en la calidad microbiológica del agua gris tratada en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017.

HE 3 El diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influirá significativamente en el medio ambiente y en el mantenimiento de áreas verdes en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica-2017.

3.2. Variables

3.2.1. Definición conceptual de las variables

3.2.2. Variable Independiente (X)

Diseño de un sistema piloto con filtro multimedia para el tratamiento de aguas grises.

3.2.3. Variable Dependiente (Y)

Calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas tratadas.

3.2.4. Operacionalización de las variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable Independiente (X) Diseño de un sistema piloto con filtro multimedia para el tratamiento de aguas grises	1. Teórica 2. Aplicativa	1.1. Conocimientos del sistema 1.2. Conocimiento de las partes del sistema 2.1. Conocimientos del funcionamiento 2.2. Capacidad para ponerlo operativa
Variable Dependiente (Y) Calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas tratadas	1. Cualitativa 2. Cuantitativa	1.1. Parámetros fisicoquímicos de acuerdo a los estándares nacionales 1.2. Parámetros microbiológicos de acuerdo a los estándares nacionales 2.1. Valores de parámetros fisicoquímicos 2.2. Valores de parámetros microbiológicos

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV

DISEÑO METODOLÓGICO DE LA

INVESTIGACIÓN

4.1. Tipo y Nivel de la investigación

4.1.1. Tipo de investigación

Según los propósitos de la investigación, el presente estudio será una investigación aplicada porque utilizará los conocimientos de ingeniería ambiental en un caso práctico y porque relaciona dos variables buscando que comprobar que el diseño de un sistema piloto con filtro multimedia y su influencia en la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua tratada.

4.1.2. Nivel de investigación

El nivel de la investigación es tipo aplicativo. Ya que plantearía resolver los problemas de la vida diaria o controlar situaciones. Puede ser programática o no. Enmarca a la innovación técnica, artesanal, industrial y científica.

4.1.3. Diseño de la investigación

Experimental (PRE Y POST-TEST)

Se realizará una medición de la variable dependiente (pre-test). Se aplicará la variable independiente al grupo, luego se realizará una nueva medición de la variable dependiente al grupo (post-test)

4.2. Método de la investigación

Método Científico experimental

Se mantendrá una revisión periódica, un seguimiento de los pobladores ante cualquier duda, se analizará la causa efecto sobre lo que se plantea en la investigación y la relación de las dos variables.

4.3. Universo, población y muestra de la investigación

Universo

El Universo de la investigación comprende las aguas grises que se descargan de las viviendas de la región Ica

Población

La población de la investigación involucra a las aguas grises generadas en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017.

Muestra

La muestra está conformada por las aguas grises que se descargan de una de las viviendas en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica- 2017, las mismas que serán procesadas en un prototipo de sistema piloto con filtro multimedia experimental.

4.4. Técnicas e Instrumentos de recolección de información

4.4.1. Técnicas de muestreo

La técnica de muestreo a emplearse será el del muestreo compuesto, que se toma de la entrada y salida del agua del sistema (del reservorio de recepción de aguas grises y del reservorio final de agua tratada).

4.4.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Las técnicas aplicadas para la recopilación de datos de las aguas grises sin procesar y procesadas en el sistema piloto, serán las técnicas cualitativas y cuantitativas del análisis químico y microbiológico.

Instrumentos

Los instrumentos a emplearse serán las pruebas experimentales fisicoquímicas para establecer los valores de los parámetros del agua y las pruebas experimentales microbiológicas, que se realizan para determinar las cantidades de microorganismos patógenos que posee el agua gris sin tratar y tratada.

4.4.3. Criterio de validez y confiabilidad de los instrumentos

La validez de los métodos analíticos a emplearse están respaldados por las entidades normativas nacionales e internacionales como son INDECOPI, la A.O.A.C. y La farmacopea de los Estados Unidos. La confiabilidad de los instrumentos aplicados se demostrará con los datos establecidos en las especificaciones nacionales e internacionales que existen para establecer criterios sobre las aguas grises.

4.4.4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se procederán los datos de medidas de tendencia central: Media, Mediana Moda desviación estándar. Así mismo el estadístico a usa para esta prueba está dado por: Chi cuadrado a través de su fórmula:

$$X^2 = \sum \sum \frac{(OY - EY)^2}{EY}$$

Y la relación será cuantificada mediante el coeficiente de Correlación de Pearson, el cual está dado por:

$$r = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{[n \sum X^2 - (\sum X)^2] [n \sum Y^2 - (\sum Y)^2]}}$$

CAPÍTULO V

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

DE LOS RESULTADOS

5.1. Organización, presentación y análisis de datos

5.1.1. Resultados obtenidos del análisis de la muestra

TABLA Nº 6 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA GRIS

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	RESULTADO
Olor	-	No aceptable
Sabor	-	No aceptable
pH a 20°C	-	8,7
Conductividad a 25°C	µS/cm	779
Turbidez	NTU	35
Dureza total, como CaCO ₃	mg/L	667
Sulfatos, como SO ₄	mg/L	234
Cloruros, como Cl	mg/L	341
DBQO5, a 20°C	mg/L	66
DQO, a 20°C	mg/L	104
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	257
Fósforo, como P	mg/L	15
Nitrógeno total, como N ₂	mg/L	40
Grasas	mg/L	0,5
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	9
Coliformes fecales	NMP/100 mL	15
Salmonella	NMP/100 mL	3

Fuente: DATOS EXPERIMENTALES

La tabla 6 muestra los resultados del análisis de la muestra de agua gris tomada para el tratamiento mediante el sistema de recuperación con biofiltro multimedia, en la que se puede observar que esta, tiene un pH alcalino de 8,7 una alta conductividad que alcanza los 779 $\mu\text{S}/\text{cm}$, un DBQO de 266 mg/L y DQO de 643 mg/L, y SST igual a 257 mg/L. Así mismo se observa la presencia de coliformes fecales 15 NMP/100 mL y *escherichia coli* 9 NMP/100 mL.

5.1.2. Resultados del tratamiento en el biofiltro multimedia

TABLA Nº 7 ENSAYOS PARA EL pH

Nº	FECHA	pH
1	01-10-17	8,7
2	02-10-17	8,7
3	03-10-17	8,6
4	04-10-17	8,4
5	05-10-17	8,4
6	06-10-17	8,4
7	07-10-17	8,4
8	08-10-17	8,4
9	09-10-17	8,3
10	10-10-17	8,3
11	11-10-17	8,1
12	12-10-17	7,9
13	13-10-17	7,8
14	14-10-17	7,6
15	15-10-17	7,6
16	16-10-17	7,6
17	17-10-17	7,7
18	18-10-17	7,7
19	19-10-17	7,7
20	20-10-17	7,6
21	21-10-17	7,6
22	22-10-17	7,5
23	23-10-17	7,4
24	24-10-17	7,4
25	25-10-17	7,4
26	26-10-17	7,4
27	27-10-17	7,4
28	28-10-17	7,4
29	29-10-17	7,4
30	30-10-17	7,3

Fuente: DATOS EXPERIMENTALES

En la tabla 7 se puede apreciar la variación del pH del agua gris conforme pasan los días descendiendo de 8,7 a 7,3, lo que indica que el carbón activado tiene la capacidad de retener algunos de los componentes de los detergentes y jabones, que son las sustancias que le dan carácter básico a las aguas grises.

TABLA Nº 8 ENSAYOS PARA LA TURBIDEZ

Nº	FECHA	NTU
1	01-10-17	35
2	02-10-17	34
3	03-10-17	34
4	04-10-17	32
5	05-10-17	31
6	06-10-17	29
7	07-10-17	28
8	08-10-17	28
9	09-10-17	26
10	10-10-17	25
11	11-10-17	24
12	12-10-17	23
13	13-10-17	23
14	14-10-17	21
15	15-10-17	21
16	16-10-17	21
17	17-10-17	17
18	18-10-17	16
19	19-10-17	14
20	20-10-17	13
21	21-10-17	13
22	22-10-17	12
23	23-10-17	11
24	24-10-17	09
25	25-10-17	08
26	26-10-17	08
27	27-10-17	07
28	28-10-17	06
29	29-10-17	05
30	30-10-17	04

Fuente: DATOS EXPERIMENTALES

En la tabla 8 se puede apreciar la variación de la turbidez del agua gris conforme pasan los días descendiendo de 35 NTU a 4 NTU, lo que indica que el carbón activado tiene la capacidad de retener pigmentos y colorantes disueltos en las aguas grises tomadas como muestra.

TABLA N° 9 ENSAYOS PARA LA DUREZA TOTAL

Nº	FECHA	CaCO ₃ , mg/L
1	01-10-17	667
2	02-10-17	648
3	03-10-17	633
4	04-10-17	627
5	05-10-17	621
6	06-10-17	612
7	07-10-17	599
8	08-10-17	596
9	09-10-17	598
10	10-10-17	597
11	11-10-17	583
12	12-10-17	579
13	13-10-17	578
14	14-10-17	572
15	15-10-17	564
16	16-10-17	556
17	17-10-17	551
18	18-10-17	546
19	19-10-17	540
20	20-10-17	536
21	21-10-17	536
22	22-10-17	534
23	23-10-17	531
24	24-10-17	527
25	25-10-17	523
26	26-10-17	519
27	27-10-17	513
28	28-10-17	509
29	29-10-17	506
30	30-10-17	502

Fuente: DATOS EXPERIMENTALES

En la tabla 9 se puede apreciar la variación de la dureza total del agua gris conforme pasan los días descendiendo de 667 mg/L hasta los 502 mg/L, lo que indica que durante la filtración lenta también se sucede una eliminación de sales

TABLA N° 10 ENSAYOS PARA LA CONDUCTIVIDAD

N°	FECHA	$\mu\text{s/cm}$
1	01-10-17	779
2	02-10-17	770
3	03-10-17	752
4	04-10-17	734
5	05-10-17	710
6	06-10-17	680
7	07-10-17	671
8	08-10-17	659
9	09-10-17	636
10	10-10-17	625
11	11-10-17	612
12	12-10-17	603
13	13-10-17	572
14	14-10-17	534
15	15-10-17	525
16	16-10-17	514
17	17-10-17	503
18	18-10-17	484
19	19-10-17	455
20	20-10-17	434
21	21-10-17	419
22	22-10-17	376
23	23-10-17	332
24	24-10-17	314
25	25-10-17	301
26	26-10-17	286
27	27-10-17	267
28	28-10-17	267
29	29-10-17	267
30	30-10-17	267

Fuente: DATOS EXPERIMENTALES

En la tabla 10 se muestran los resultados de los ensayos de conductividad, cuyos valores van disminuyendo en el transcurso de los días de filtración, variando desde 779 $\mu\text{S/cm}$ hasta 267 $\mu\text{S/cm}$.

TABLA N° 11 ENSAYOS PARA LOS SULFATOS

Nº	FECHA	SO ₄ , mg/L
1	01-10-17	234
2	02-10-17	232
3	03-10-17	230
4	04-10-17	228
5	05-10-17	227
6	06-10-17	225
7	07-10-17	223
8	08-10-17	201
9	09-10-17	199
10	10-10-17	195
11	11-10-17	195
12	12-10-17	194
13	13-10-17	194
14	14-10-17	193
15	15-10-17	191
16	16-10-17	190
17	17-10-17	190
18	18-10-17	189
19	19-10-17	189
20	20-10-17	188
21	21-10-17	188
22	22-10-17	187
23	23-10-17	187
24	24-10-17	186
25	25-10-17	185
26	26-10-17	185
27	27-10-17	184
28	28-10-17	183
29	29-10-17	183
30	30-10-17	183

Fuente: DATOS EXPERIMENTALES

En la tabla 11 se puede apreciar la variación de los sulfatos en el agua gris conforme pasan los días descendiendo de 234 mg/L hasta 183 mg/L, lo que indica que el carbón activado ejerce durante la filtración la función de intercambiador iónico reteniendo los aniones del agua tratada.

TABLA N° 12 ENSAYOS PARA LOS CLORUROS

Nº	FECHA	Cl, mg/L
1	01-10-17	341
2	02-10-17	340
3	03-10-17	337
4	04-10-17	336
5	05-10-17	335
6	06-10-17	334
7	07-10-17	331
8	08-10-17	329
9	09-10-17	327
10	10-10-17	326
11	11-10-17	325
12	12-10-17	324
13	13-10-17	323
14	14-10-17	321
15	15-10-17	320
16	16-10-17	318
17	17-10-17	317
18	18-10-17	317
19	19-10-17	314
20	20-10-17	313
21	21-10-17	312
22	22-10-17	312
23	23-10-17	311
24	24-10-17	311
25	25-10-17	310
26	26-10-17	309
27	27-10-17	307
28	28-10-17	304
29	29-10-17	301
30	30-10-17	298

Fuente: DATOS EXPERIMENTALES

En la tabla 12 se puede apreciar la variación de los cloruros del agua gris conforme pasan los días descendiendo de 341 mg/L hasta 298 mg/L, lo que indica que el carbón activado tiene la capacidad de actuar como intercambiador iónico reteniendo cloruros del agua tratada.

TABLA Nº 13 ENSAYOS PARA EL DBQO₅

Nº	FECHA	DBQO ₅ , mg/L
1	01-10-17	32
2	05-10-17	27
3	10-10-17	21
4	15-10-17	15
5	20-10-17	11
6	25-10-17	08
7	30-10-17	06

Fuente: DATOS EXPERIMENTALES

La tabla 13 muestra la variación del DBQO del agua gris analizada, el cual en el transcurso de los días de ensayo, desciende desde 32 mg/L a 6 mg/L.

TABLA Nº 14 ENSAYOS PARA EL DQO

Nº	FECHA	DQO, mg/L
1	01-10-17	75
2	05-10-17	71
3	10-10-17	63
4	15-10-17	50
5	20-10-17	43
6	25-10-17	29
7	30-10-17	19

Fuente: DATOS EXPERIMENTALES

La tabla 14 muestra la variación del DQO del agua gris analizada, el cual en el transcurso de los días de ensayo, desciende desde 75 mg/L a 19 mg/L.

TABLA Nº 15 ENSAYOS PARA LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS

Nº	FECHA	SST, mg/L
1	01-10-17	257
2	02-10-17	231
3	03-10-17	204
4	04-10-17	176
5	05-10-17	155
6	06-10-17	143
7	07-10-17	132
8	08-10-17	110
9	09-10-17	97
10	10-10-17	74
11	11-10-17	68
12	12-10-17	65
13	13-10-17	66
14	14-10-17	63
15	15-10-17	63
16	16-10-17	62
17	17-10-17	61
18	18-10-17	58
19	19-10-17	51
20	20-10-17	50
21	21-10-17	48
22	22-10-17	45
23	23-10-17	42
24	24-10-17	40
25	25-10-17	37
26	26-10-17	34
27	27-10-17	31
28	28-10-17	28
29	29-10-17	25
30	30-10-17	21

Fuente: DATOS EXPERIMENTALES

La tabla 15 muestra los resultados de los sólidos suspendidos presentes en el agua gris tratada, cuyo contenido va disminuyendo en el transcurso de los días, desde 257 mg/L hasta 21 mg/L.

TABLA Nº 16 ENSAYOS PARA EL FOSFORO

Nº	FECHA	P, mg/L
1	01-10-17	15
2	05-10-17	14
3	10-10-17	13
4	15-10-17	11
5	20-10-17	09
6	25-10-17	07
7	30-10-17	05

Fuente: DATOS EXPERIMENTALES

La tabla 16 muestra la variación del contenido de fósforo en el agua gris analizada, el cual en el transcurso de los días de ensayo, desciende desde 15 mg/L a 05 mg/L

TABLA Nº 17 ENSAYOS PARA EL NITRÓGENO TOTAL

Nº	FECHA	N2, mg/L
1	01-10-17	40
2	05-10-17	36
3	10-10-17	33
4	15-10-17	30
5	20-10-17	24
6	25-10-17	20
7	30-10-17	15

Fuente: DATOS EXPERIMENTALES

La tabla 17 muestra la variación del nitrógeno total en el agua gris analizada, el cual en el transcurso de los días de ensayo, desciende desde 40 mg/L a 15 mg/L

TABLA Nº 18 ENSAYOS PARA LA GRASA

Nº	FECHA	GRASA, mg/L
1	01-10-17	0,5
2	05-10-17	0,5
3	10-10-17	0,4
4	15-10-17	0,4
5	20-10-17	0,3
6	25-10-17	0,3
7	30-10-17	0,2

Fuente: DATOS EXPERIMENTALES

La tabla 18 muestra la variación del contenido de grasa en el agua gris analizada, el cual en el transcurso de los días de ensayo, desciende desde 0,5 mg/L a 0,2 mg/L

TABLA Nº 19 ENSAYOS MICROBIOLÓGICOS

Microorganismo	Unidades	Reporte
Coliformes totales	NMP/100 mL	-
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	-
<i>Salmonella</i>	NMP/100 mL	-

Fuente: DATOS EXPERIMENTALES

La tabla 19 muestra los resultados del análisis microbiológico hechos al agua gris, con el fin de reportarla presencia de Coliformes totales, *Escherichia coli* y *salmonella*, que como se puede observar después del tratamiento en el filtro multimedia no existen, es decir han sido eliminados.

**TABLA Nº 20 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA
DEL AGUA GRIS ANTES Y DESPUÉS DEL TRATAMIENTO**

CARACTERÍSTICA	UNIDAD	RESULTADO	
		ANTES	DESPUÉS
Olor	-	No aceptable	Aceptable
Sabor	-	No aceptable	Aceptable
pH a 20°C	-	8,7	7,3
Conductividad a 25°C	µS/cm	779	267
Turbidez	NTU	35	4
Dureza total, como CaCO ₃	mg/L	667	502
Sulfatos, como SO ₄	mg/L	234	183
Cloruros, como Cl	mg/L	341	248
DBQO ₅ , a 20°C	mg/L	32	6
DQO, a 20°C	mg/L	75	19
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	257	21
Fósforo, como P	mg/L	15	5
Nitrógeno total, como N ₂	mg/L	0,5	0,2
Grasas	mg/L	0,5	0,2
Escherichia coli	NMP/100 mL	9	-
Coliformes fecales	NMP/100 mL	15	-
Salmonella	NMP/100 mL	3	-

Fuente: DATOS EXPERIMENTALES

Los resultados que se muestran en la tabla 20 son datos comparativos del agua gris antes y después de su tratamiento con el diseño del sistema piloto con filtro multimedia, donde se puede observar que todos los valores descienden después del tratamiento.

5.2. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS

5.2.1. Contratación de la hipótesis principal

La hipótesis principal de la presente investigación fue: El diseño de un sistema piloto con filtro multimedia para el tratamiento de aguas grises influirá directa y significativamente en la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas tratadas en Asentamiento Humano El Huarango de Ica; según los datos obtenidos del laboratorio se ha comprobado que el empleo del filtro multimedia en el tratamiento de aguas grises si influye en la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas tratadas.

Haciendo el respectivo estudio de correlación entre las dos variables, se observa una alta correlación de 0,91 al nivel de error de 0,01 entre la variable Diseño de un sistema piloto con filtro multimedia para el tratamiento de aguas grises y la variable calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas tratadas; tal como se puede observar en el cuadro 21, lo que quiere decir que hay un 91% de correlación entre ambas variables. Diseño de un sistema piloto con filtro multimedia para el tratamiento de aguas grises (FMTA) y calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas tratadas (CFAT).

CUADRO Nº 21 CORRELACIÓN ENTRE LAS VARIABLES

		FMTA	CFAT
FMTA	Correlación de Pearson	1	0,911
	Sig. (Bilateral)		0,001
	N	7	7
CFAT	Correlación de Pearson	0,911	1
	Sig. (Bilateral)	0,001	
	N	7	7

P** es altamente Significativa al nivel 0,001

Fuente: Datos de la autora

5.2.2. Comprobación de las hipótesis estadísticas

a. Validación de la Hipótesis Específica Nº 1

Ho: $u_x = u_y$

El diseño de un sistema piloto con filtro multimedia no influirá significativamente en la calidad fisicoquímica del agua gris tratada en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017.

H1: $u_x > u_y$

El diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influirá significativamente en la calidad fisicoquímica del agua gris tratada en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017.

CUADRO Nº 22 ESTADÍSTICOS DE LOS GRUPOS HIPÓTESIS Nº 1

		Media	N	Desviación típ.	Error tip. De la media
Par 1	Influirá significativamente en la calidad fisicoquímica	10,17234	7	2,34528	.356123
	No influirá significativamente en la calidad fisicoquímica	7,45673	7	2,02137	.223415

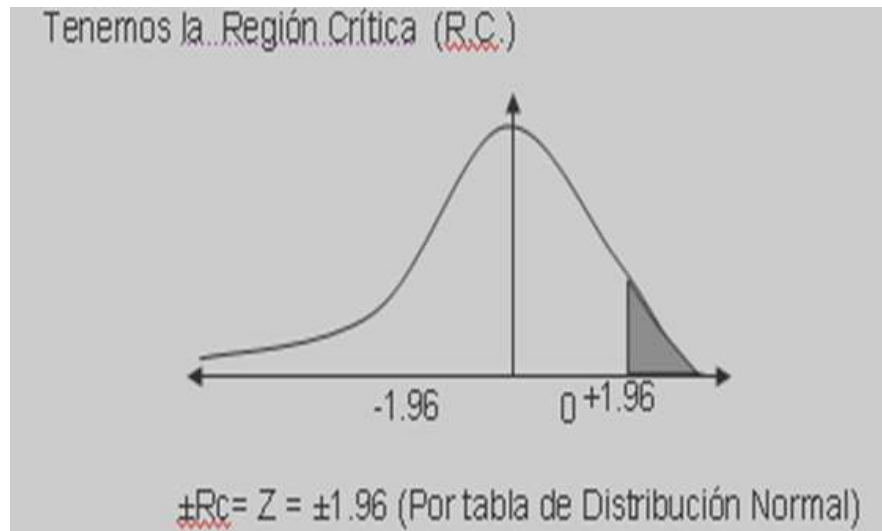
Fuente: Datos de la autora.

CUADRO Nº 23 DIFERENCIAS PAREADAS HIPÓTESIS Nº 1

Influirá y no influirá significativamente en la calidad fisicoquímica	Diferencias pareadas					Z	Sig. (Bilateral)
	Media	Desviación tip.	Error tip. De la media	97,5% intervalo de confianza para la diferencia			
				Superior	Inferior		
	2.7156	.32391	.1327	3.1673	0.012	3.2	.000

Fuente: Datos de la autora.

Figura N° 13 DIAGRAMA DE GAUSS PARA LA HIPÓTESIS N° 1



Fuente: ELABORACIÓN DE LA AUTORA

Las pruebas estadísticas demuestran que para este caso z es un valor superior a $+1,96$, por lo que se encuentra fuera de la región de aceptación, motivo por el cual se rechaza la hipótesis negativa y se acepta que el diseño de un sistema de piloto con filtro multimedia influirá significativamente en la calidad fisicoquímica del agua gris tratada.

b. Validación de las Hipótesis específica N° 2

$H_0: u_x = u_y$

El diseño de un sistema piloto con filtro multimedia no influirá significativamente en la calidad microbiológica del agua gris tratada en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017.

$H_1: u_x > u_y$

El diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influirá significativamente en la calidad microbiológica del agua gris tratada en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida. Ica - 2017.

CUADRO Nº 24 ESTADÍSTICOS DE LOS GRUPOS HIPÓTESIS Nº 2

		Media	N	Desviación tip.	Error tip. De la media
Par 1	Influirá significativamente en la calidad microbiológica	9.65278	7	3.487231	.35287
	No influirá significativamente en la calidad microbiológica	6.38932	7	2.546282	.24758

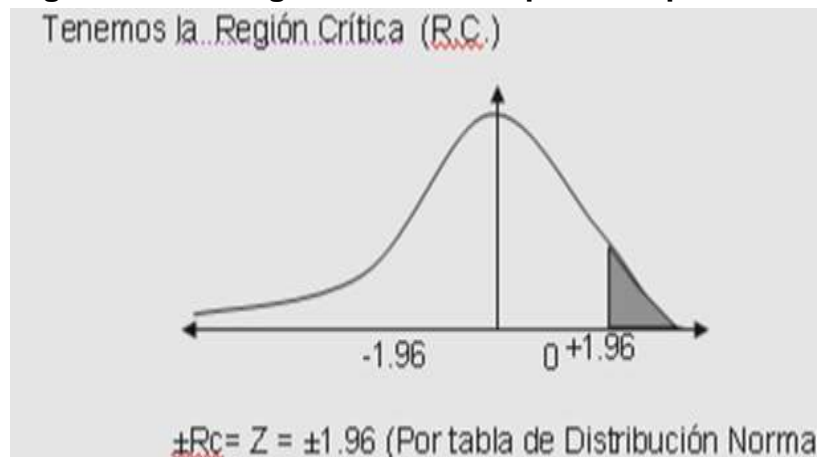
Fuente: DATOS DE LA AUTORA

CUADRO Nº 25 DIFERENCIAS PAREADAS HIPÓTESIS Nº2

Influirá y no influirá significativamente en la calidad microbiológica	Diferencias pareadas					Z	Sig. (Bilateral)
	Media	Desviación tip.	Error tip. De la media	97,5% intervalo de confianza para la diferencia			
				Superior	Inferior		
	3.2634	.94094	.10529	3.2783	1.3542	3.6	.000

Fuente: DATOS DE LA AUTORA

Figura Nº 14 Diagrama de Gauss para la hipótesis Nº 2



Fuente: ELABORACIÓN DE LA AUTORA

Las pruebas estadísticas demuestran que para este caso z es un valor superior a $+1,96$, por lo que se encuentra fuera de la región de aceptación, motivo por el cual se rechaza la hipótesis negativa y se acepta que el diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influirá significativamente en la calidad microbiológica del agua gris tratada.

c. Validación de las Hipótesis específica N° 3

$H_0: u_x = u_y$

El diseño de un sistema piloto con filtro multimedia no influirá significativamente en el medio ambiente y en el mantenimiento de áreas verdes en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017.

$H_1: u_x > u_y$

El diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influirá significativamente en el medio ambiente y en el mantenimiento de áreas verdes en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017.

CUADRO N° 26 ESTADÍSTICOS DE LOS GRUPOS HIPÓTESIS N° 3

		Media	N	Desviación típ.	Error tip. De la media
Par 1	influirá significativamente en el medio ambiente y en el mantenimiento de áreas verdes	7.41275	7	3.84597	.37562
	No influirá significativamente en el medio ambiente y en el mantenimiento de áreas verdes	5.38713	7	2.63821	.22314

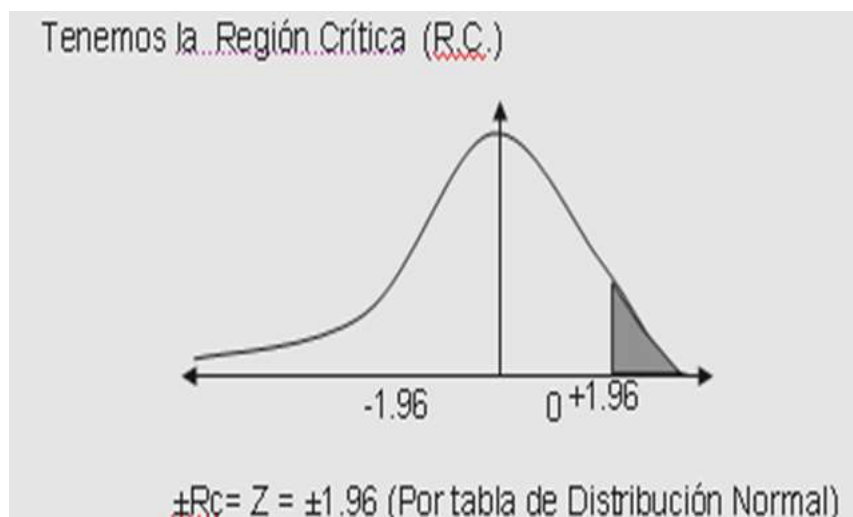
Fuente: DATOS DE LA AUTORA

CUADRO Nº 27 DIFERENCIAS PAREADAS HIPÓTESIS Nº 3

influirá y no influirá significativamente en el medio ambiente y en el mantenimiento de áreas verdes	Diferencias pareadas				Z	Sig. (Bilateral)	
	Media	Desviación tip.	Error tip. De la media	97,5% intervalo de confianza para la diferencia			
				Superior			Inferior
2.0256	1.20776	.15248	3.1153	2.2341	5,7	.000	

Fuente: DATOS DE LA AUTORA

Figura Nº 15 DIAGRAMA DE GAUSS PARA LA HIPÓTESIS Nº 3



Fuente: ELABORACIÓN DE LA AUTORA

Las pruebas estadísticas demuestran que para este caso z es un valor superior a $+1,96$, por lo que se encuentra fuera de la región de aceptación, motivo por el cual se rechaza la hipótesis negativa y se acepta que el diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influirá

significativamente en el medio ambiente y en el mantenimiento de áreas verdes en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017.

5.3. Discusión de resultados

El desarrollo experimental de la presente tesis, con la finalidad de demostrar la hipótesis planteada se realizó, empleando un prototipo del sistema de recuperación, en donde se adaptó el filtro multimedia construido considerando todos los componentes de la lámina 1 que se muestra en el anexo, en donde predomina el filtro multimedia que consta de una capa biológica y una capa de carbón activado colocadas sobre la arena fina y gruesa, y cuya función de la primera es destruir los microorganismos patógenos del agua gris gracias a la actividad microbiana que se desarrolla en ella.

La segunda capa, de carbón activado, gracias a sus centros activos, puede en sus micro poros adsorber diferentes sustancias químicas que afectan el color y sabor y gases que perjudican la calidad del agua, así como ciertas sales, ya que al término del tratamiento el agua muestra una disminución de sulfatos, cloruros y dureza total.

El agua gris tratada fue tomada de una de las casas en Asentamiento humano El Huarango Tierra Prometida, donde se colocó el prototipo conectado directamente con los lavaderos y ducha de la casa. El agua previamente fue desengrasada para eliminar la mayor cantidad de aceites y grasas generados en la cocción de alimentos, a fin de que no perjudique el proceso de recuperación, sobre todo durante la filtración.

El agua gris tomada como muestra poseía olor y sabor no aceptables y una alta conductividad, que alcanzaba los 779 $\mu\text{S}/\text{cm}$, debido a una elevada cantidad de sales entre los cuales figuran los sulfatos (234 mg/L) y cloruros (341 mg/L). El DBQO y el DQO, tenían los típicos valores para aguas grises

66mg/l para el primero y 104 mg/L para el segundo, así mismo los sólidos suspendidos totales alcanzaron los 257 mg/L. La carga microbiana analizada arrojó valores de 9 NMP/100 mL para la *Escherichia coli*, 15 NMP/100 mL para los coliformes fecales y 3 NMP/100mL para la Salmonella, tal como se muestra en la tabla 6.

Debido al empleo de múltiples detergentes de carácter iónico que se emplean en el lavado de utensilios, ropas y en el aseo personal, el agua gris descargada al sistema tiene un pH alcalino que alcanza los 8,7, durante la filtración gran parte de los componentes de estas detergentes y jabones quedan retenidos en la capa de carbón activado, esto explica el cambio de pH en el agua tratada, a cual llega a un valor de 7,3, este tipo de adsorción química no sucedería si es que el carbón activado no tuviera centros activos con radicales libres capaces de captar químicamente diversas sustancias. Esta variación en el pH del agua gris antes y después de la filtración lenta se observa en la tabla 7.

La turbidez del agua gris se debe a la presencia de sustancias coloreadas, a la suspensión de sólidos, a la disolución de los detergentes y jabones, entre otras causas, que durante la floculación y luego en la filtración van a quedar retenidas, clarificándose el líquido desde valores de 35 NTU hasta 4 NTU, y al mismo tiempo los sólidos suspendidos totales se reducen de 257 mg/L a 21 mg/L, como se puede observar en las tablas 8 y 15.

Como ya se manifestó el filtro multimedia tiene la capacidad de actuar como una columna desionizadora, donde el carbón activado hace la función de las resinas iónicas o aniónicas reteniendo gran parte de las sales, esto explica porque la dureza total disminuye desde 667 mg/L hasta los 502 mg/L (tabla 9); al igual que los sulfatos desde 234 mg/L hasta 183 mg/L (tabla 11) y los cloruros que disminuyen desde 341 mg/L hasta 298 mg/L (tabla 12).

El descenso de la concentración de sales de las aguas grises hace que también varíe la conductividad de esta, la misma que cambia de 779 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 267 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (tabla 10).

Los compuestos orgánicos existentes en el medio acuático se pueden clasificar en dos grandes grupos atendiendo a su biodegradabilidad, es decir, a la posibilidad de ser utilizados por microorganismos como fuente de alimentación y para su medida se utilizan los parámetros denominados DQO (Demanda Química de Oxígeno) y DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno). La Demanda química de oxígeno DQO, es la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en el agua sin la intervención de los organismos vivos. Efectúa la determinación del contenido total de materia orgánica oxidable, sea biodegradable o no; mientras que la Demanda bioquímica de oxígeno DBO, permite determinar la materia orgánica biodegradable.

Es la cantidad de oxígeno necesaria para descomponer la materia orgánica presente, por la acción bioquímica aerobia. Esta transformación biológica precisa un tiempo superior a los 20 días, por lo que se ha aceptado, como norma, realizar una incubación durante 5 días, a 20°C, en la oscuridad y fuera del contacto del aire, a un pH de 7-7.5 y en presencia de nutrientes y oligoelementos que permitan el crecimiento de los microorganismos. A este parámetro se le denomina DBO5. La variación de estos parámetros indica el aumento o disminución de materia orgánica en el agua gris tratada o sin tratar, en nuestro caso los reportes de laboratorio indican que el DBQO5 disminuye desde 32 mg/L hasta 6 mg/L (tabla 13) mientras que el DQO lo hace desde 75 mg/L hasta 19 mg/L (tabla 14). Parte de la materia orgánica es consumida por los microorganismos de la biocapa del filtro, el resto de ella queda atrapada en las capas de arena y el carbón activado.

En aguas residuales, la presencia de nitrógeno amónico es mínima, habida cuenta del estado reductor de este medio. Por el contrario, la producción de NO_3^- en depuradoras de aguas residuales debe tenerse en cuenta, pues se convierte en factor limitante del crecimiento en sistemas hídricos si existe abundancia de fósforo, promoviendo fenómenos indeseables como la eutrofización; por esta razón se evaluó la variación de estos componentes, habiéndose comprobado por datos de laboratorio que el fósforo varía de 15 mg/L hasta 5 mg/L (tabla 16), mientras que el nitrógeno total lo hace desde 40 mg/L hasta 15 mg/L (tabla 17). En el ensayo de nitrógeno total se considera el nitrógeno Kjeldahl (NTK) que mide la cantidad de nitrógeno amoniacal y de nitrógeno orgánico, es decir mide el contenido proteínico del agua.

Los aceites y las grasas se encuentran en el agua gris en estado libre, ya sean de origen animal, vegetal o mineral, destacando entre estos últimos por su especial importancia los derivados del petróleo. La mayoría de estos productos son insolubles en el agua, pero pueden existir en forma emulsionada o saponificada. Según su mezcla con los hidrocarburos, dan un aspecto irisado al agua, así como un sabor y un olor particulares. Las grasas presentes en el agua tratada variaron en concentración desde 0,5 mg/L hasta 0,2 mg/L (tabla 18).

La capa de material orgánico depositada en la parte superior del filtro durante el paso del agua gris, se ve favorecida por la proliferación de microorganismos entre los que predominan protozoos que se alimentan de bacterias, hongos y virus, los mismos que son portadores de múltiples enfermedades y por lo que se le llaman patógenos, durante la filtración lenta en el filtro multimedia la totalidad de la carga orgánica del agua gris, queda retenida o es aniquilada en esta capa biológica y en el carbón activado, tal como se puede apreciar en los resultados obtenidos en el laboratorio donde se reporta que la *Escherichia coli* pasa de 9 NMP/100 mL a cero, los coliformes

fecales de 15 NMP/100 mL a cero y las *salmonellas* de 3 NMP/100 mL, también a cero (tabla 19 y 20).

5.4. Conclusiones

Al término de nuestra investigación se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- a. Se ha determinado que el diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influye directamente y significativamente en la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua gris tratada, ya que los parámetros fisicoquímicos disminuyen hasta valores aceptables para el agua potable y la carga microbiana es totalmente erradicada durante las diversas operaciones del tratamiento.
- b. Se ha establecido experimentalmente que el diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influye en la calidad fisicoquímica del agua gris tratada, ya que permite reducir las sales disueltas como los sulfatos, carbonatos, cloruros, nitratos y sólidos solubles totales y el pH hasta valores aceptables para un agua de riego de cultivos y áreas verdes.
- c. Se ha verificado experimentalmente que el diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influye en la calidad microbiológica del agua gris tratada, ya que permite eliminar en su totalidad la carga microbiana contenida inicialmente.
- d. Se ha demostrado que el diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influye en el medio ambiente y en el mantenimiento de áreas verdes en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017, ya que este es un método ecológico que no perjudica el medio ambiente, sino que permite recuperar y ahorrar agua para reutilizarla en el riego y cultivo de plantas.

5.5.Recomendaciones

Al término de nuestra investigación se ha llegado a las siguientes recomendaciones:

- a. Se recomienda, ampliar la presente investigación con el diseño de la infraestructura civil a fin de dotar en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017, de un sistema de recuperación de aguas grises e impulsar la creación de áreas verdes en dicho lugar.
- b. Hacer un estudio sobre la posibilidad de adaptar al sistema de tratamiento un equipo para ozonificación que permite la precipitación de los detergentes, antes de la filtración.

FUENTES DE INFORMACIÓN

-

GLOSARIO

ABSORCIÓN

Retención de una sustancia, generalmente en forma de líquido o gas, entre las moléculas de otra (absorbente).

ACIDEZ

Contenido en ácidos de una solución. Medida de la concentración de hidrogeniones en una solución. Su determinación se suele realizar mediante métodos colorimétricos o potenciométricos.

ÁCIDO

Sustancia que tiene tendencia a perder un protón. Sustancia que se disuelve en agua con la consiguiente formación de iones hidrógeno. Sustancia que contiene hidrógeno, que puede ser reemplazado por metales para formar sales.

ACUÍFERO

Formación, grupo de formaciones, o parte de una formación geológica que está formada por materiales permeables y que cuando contienen agua son capaces de cederla en cantidades aprovechables bajo la acción de gradientes hidráulicos normales. Los materiales que comúnmente forman los acuíferos son arenas y gravas no consolidadas, rocas permeables sedimentarias como areniscas y calizas, y rocas cristalinas o volcánicas fuertemente fracturadas.

ADSORCIÓN

Adherencia de las moléculas de un gas, iones, o moléculas en solución a la superficie de un sólido.

AEROBIO

Que necesita del oxígeno para vivir.

AEROSOL

Suspensión de partículas sólidas o líquidas en un gas.

AGUA RESIDUAL

Efluentes líquidos acuosos provenientes como desecho de la actividad urbana, industrial, ganadera o agrícola que se caracterizan por haber perdido en el proceso alguno de sus características de calidad principalmente debido a la adición de sustancias disueltas o en suspensión o de agentes biológicos.

AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

Son las aguas residuales procedentes de zonas de vivienda y de servicios, generadas principalmente por las excretas humanas y las actividades domésticas.

AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL

Todas las aguas residuales generadas desde locales utilizados para efectuar cualquier actividad industrial o comercial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial.

AGUA RESIDUAL URBANA

Son las aguas residuales domésticas o la mezcla de las mismas con aguas residuales industriales y/o aguas de escorrentía pluvial.

AGUA SUBTERRÁNEA

Agua situada bajo la superficie del terreno relleno el espacio vacío entre las rocas, o el material poroso, y que se extiende por toda la zona considerada como saturada.

ANAEROBIO

Sin oxígeno.

ARCILLA

Desde el punto de vista mineral, filosilicato hidratado que se presenta en cristales muy pequeños (del orden de micrómetros) en forma de láminas hexagonales o fibras. Desde el punto de vista del tamaño de partícula se clasifican como arcillas los materiales cuyo tamaño es menor de 2 μm .

ARENA

Sedimento detrítico no consolidado cuyo tamaño está comprendido entre 20 μm y 2 mm.

ARENOSO

Material en cuya composición predominan las arenas.

BACTERIA

Microorganismo procariota unicelular, caracterizado por carecer de órganos propios de las células eucariotas. Muchas son saprófitas jugando un importante papel en la descomposición de la materia orgánica.

BALANCE IÓNICO

Relación entre el contenido en cationes y aniones determinados analíticamente en una muestra de agua.

BIODEGRADABLE

Susceptible de descomponerse a través de procesos biológicos, generalmente mediados por microorganismos (bacterias, hongos, protozoos, etc). Esta propiedad, que caracteriza a la mayor parte de los compuestos biológicos, permite su transformación en sustancias más sencillas que no necesariamente son menos contaminantes o tóxicas que la sustancia original.

CALIDAD

Término que cuando se emplea referido a la composición de un agua se refiere a su adecuación a un uso concreto.

CAPACIDAD AUTODEPURADORA

Capacidad de un sistema para diluir o transformar los contaminantes en los introducidos en sustancias más simples de forma que recupere su calidad inicial. La autodepuración es un proceso complejo en el que intervienen tanto los componentes inorgánicos del medio, como los organismos vivos y procesos puramente físicos como la filtración o la decantación.

CAPACIDAD DE CAMBIO IÓNICO

En el suelo existen materiales, fundamentalmente las arcillas y la materia orgánica, que tienen la propiedad de acumular cationes de forma reversible en su superficie liberando a cambio otros cationes, por lo general calcio o magnesio. Esta propiedad recibe el nombre de Capacidad de Cambio y expresa químicamente el número de moles de iones adsorbidos que pueden ser intercambiados por unidad de masa seca, bajo unas condiciones dadas de temperatura, presión, composición de la fase líquida y una relación masa/solución dada (un mol de carga adsorbida equivale a $6,02 \cdot 10^{23}$ cargas de iones adsorbidos). En el Sistema Internacional la capacidad de cambio se expresa como centimoles por kilogramo, cmol kg^{-1} . La capacidad de cambio es una propiedad fundamental del suelo, de ella depende muchas de sus propiedades como agente depurador.

CAPACIDAD DE CAMPO

Agua retenida por un suelo, que previamente saturado, se ha dejado drenar libremente de forma que toda el agua que podría abandonar su seno por gravedad lo ha hecho. Su medida es difícil y se suele hacer de dos formas, o saturando el suelo y dejándolo drenar 48 horas protegido de la acción del viento y del sol, o a partir del contenido en humedad del material en equilibrio con una presión de 33 kPa en un equipo de placas de presión.

CAPACIDAD DE INFILTRACIÓN DEL SUELO

Velocidad a la que el agua penetra en el interior del suelo desde su superficie. En condiciones de saturación, cubierto con una lámina de agua poco espesa. La capacidad de infiltración es equivalente a la conductividad hidráulica saturada.

COLIFORME

Bacterias Gram negativas de morfología bacilar, capaces de fermentar lactosa con producción de gas a la temperatura de 35° o 37° C (coliformes totales). Aquellas que tienen las mismas propiedades a la temperatura de 44° o 44.5° C se denominan coliformes fecales.

LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

Es una medida de la facilidad con la que el agua puede atravesar esos poros. En general el agua se mueve a través de un material poroso siguiendo la ley de Darcy donde es el flujo de agua (Q) por unidad de área (A), K es la permeabilidad (l/t) y dH/dl es el gradiente hidráulico (l/l). La permeabilidad se define pues como la constante de proporcionalidad K . K no es una constante verdadera pues su valor depende fuertemente de la humedad, e incluso, en condiciones de humedad constante, como cuando el suelo está saturado, K puede variar debido al hinchamiento de las arcillas, clasificación de las partículas o cambios en la naturaleza química del agua del suelo. Otra consideración importante es que el valor de K en la dirección vertical suele ser diferente al valor que toma en la dirección horizontal, esto es especialmente notorio en materiales estratificados en capas.

CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA NO SATURADA

La conductividad hidráulica del suelo varía notablemente en función de su contenido en humedad, cuando el suelo no está saturado de agua la presencia de burbujas de aire hace que la distribución de los canales de flujo se vea modificada variando la conductividad hidráulica. Si el perfil del suelo no está saturado, la tasa de infiltración es mayor a causa del flujo a través de las grietas y fracturas mayores que con la humedad terminan cerrándose debido al hinchamiento de las arcillas. Si el suelo

está suficientemente seco, y dependiendo de su textura, la absorción capilar puede hacer que, en las primeras etapas del flujo, la velocidad de infiltración también será mucho mayor que una vez establecido el estado estacionario.

CONTAMINACIÓN

Acción y efecto de contaminar.

CONTAMINANTE

Cualquier forma de materia o energía ajena a la composición natural del agua.

CONTAMINANTE CONSERVATIVO

Contaminante cuya naturaleza química no varía en su interacción con el medio físico o biológico y que por tanto al atravesar el suelo y el acuífero, mantiene todas sus propiedades.

CONTAMINANTE NO CONSERVATIVO

Contaminante cuya naturaleza química varía al interaccionar con los componente bióticos y abióticos del medio.

DBO5

Demanda bioquímica de oxígeno a los 5 días. Medida de la cantidad de oxígeno consumida en la oxidación del material carbonoso de una muestra de agua, por la población microbiana, a lo largo de cinco días de incubación. Se trata de una reacción fuertemente dependiente de la temperatura por lo que siempre que el ensayo no se haya hecho a 20° que es la estándar habrá que indicarlo. Se trata del parámetro indicador de contaminación orgánica más ampliamente empleado, aunque tiene serias limitaciones que hay que tener en cuenta a la hora de su interpretación, entre estas pueden destacarse: en los cinco días que dura el ensayo normalmente no se oxida más del 60 o 70% de la materia orgánica realmente presente en la muestra, los resultados obtenidos dependen del inóculo bacteriano y

la presencia de sustancias tóxicas para los microorganismos puede falsear los resultados.

DEMANDA DE CLORO

Cantidad de cloro que es necesario añadir a un agua para que después de haber producido su desinfección queden aún vestigios de cloro libre tras un tiempo de estabilización que suele ser de dos horas.

DENSIDAD

Masa de un cuerpo por unidad de volumen.

DENSIDAD APARENTE

Masa de suelo seco por unidad de volumen incluyendo los poros.

DENSIDAD REAL

Densidad de los constituyentes del suelo sin tener en consideración los poros entre ellos.

DESNITRIFICACIÓN

Reducción desasimilatoria de nitrato y/o nitrito a nitrógeno molecular. Entre los géneros bacterianos implicados en el proceso pueden destacarse: *Achromobacter*, *Aerobacter*, *Alcaligenes*, *Bacillus*, *Brevibacvterium*, *Flavobacterium*, *Lactobacillus*, *Micrococcus*, *Proteus*, *Pseudomonas* y *Spirillum*. Estas bacterias son heterótrofas, producen el proceso en cuatro pasos enzimáticos diferentes. El primer paso consiste en la conversión de nitrato en nitrito, y a continuación se producen óxido nítrico, óxido nitroso y nitrógeno gas.

DEPURACIÓN NATURAL

Depuración en la que no interviene el hombre, mediada por procesos naturales como la degradación bacteriana, oxidación, dilución o la interacción con la matriz sólida del terreno.

DQO

Demanda química de oxígeno. Se trata de un ensayo empleado para la medida del contenido en materia orgánica de una muestra de agua residual. Como agente oxidante se emplea una sustancia química, como el dicromato, fuertemente oxidante en medio ácido y a elevada temperatura.

DUREZA DEL AGUA

Suma de las concentraciones de cationes metálicos con la excepción de los metales alcalinos y del hidrógeno, en la mayoría de las ocasiones es debida al calcio y magnesio a los que se añaden con frecuencia el hierro, aluminio, manganeso y estroncio. Se suele expresar en miliequivalentes de CaCO_3 o en grados franceses (1 grado francés = 10 mg/L de CaCO_3).

DESINFECCIÓN

Destrucción por medio de un agente químico o físico de las bacterias y virus patógenos que se encuentran en el material a desinfectar (sustancia, objeto, etc.). Se diferencia de la esterilización en que esta última destruye todos los microorganismos, patógenos o no, incluidas las formas de resistencia.

DETERGENTE

Sustancia empleada en la limpieza, por sus propiedades emulsionantes de las grasas. Sustancia que posee una porción no polar (hidrofóbica) y una parte polar (hidrofílica) que tiene la capacidad de disolver las grasas y aceites.

INFILTRACIÓN

Flujo del agua o de otro fluido a través de los poros de un cuerpo sólido. Flujo del agua a través del suelo.

INFILTRACIÓN DIRECTA SOBRE EL TERRENO

Método de depuración de aguas residuales urbanas basado en la capacidad depuradora del suelo y de la zona no saturada y que consiste en el vertido contro-

lado sobre el terreno de los efluentes, sometidos a un tratamiento primario.

INFILTRACIÓN RÁPIDA

Sistema de depuración de aguas residuales urbanas mediante infiltración directa sobre el terreno en el que las cargas hidráulicas aportadas son mayores de 6 metros año.

INTERSTICIAL

Relativo a los intersticios.

IÓN

Átomo o grupo de átomos que ha perdido o adquirido uno o más electrones y por tanto posee una cierta carga positiva o negativa. Los iones con carga positiva reciben el nombre de cationes y los que tienen carga negativa aniones.

IONIZACIÓN

Proceso en virtud del cual un átomo o grupo de átomos al perder o adquirir un electrón se transforma en un ión.

BIBLIOGRAFÍA

Alcamo, J. F. (2007). Future long-term changes in global water resources driven. In *Hydrological Sciences Journal* (Vol. 52, pp. 247-275). socio-economic and climatic changes.

ANA. (2012). *Autoridad Nacional del Agua*. Obtenido de Plan de gestion del acuífero del valle de Ica y pampas de villacuri y Lanchas: file:///F:/ica%20-%20plan%20de%20gestión.pdf

APHA. (1995). *Standard methods for the examination of water and waste water*.

Canepa Vargas, L. (1998). *Filtracion lenta como proceso de desinfeccion*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/e/fulltext/simposio/ponen12.pdf>

Cartro. (2003). *Tratamiento de aguas industriales. Depuración biológica de las aguas residuales*. Barcelona: Fundación Universitaria Iberoamericana –Universidad de Catalunya.

charles russell, a. (1950). *Natural tanning Material of southeastern united stated*.

Crites, R y G. Tchobanoglous. (2000). *Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados*. Santafé de Bogota: Mc.Graw Hill.

Definicion. (s.f.). Obtenido de <http://www.definicion.org>

Degremont. (1979). *bases teoricas de los principales procesos de tratameintos-Eliminacion de Microcontaminantes*. Obtenido de Universidad de Salamanca: <http://aulavirtual.usal.es/aulavirtual/demos/etap/unidades/documen.alu/degremo/pr04.htm>

Díaz Corrales, A. V. (Septiembre de 2008). *Tratamiento de Aguas Residuales*. Recuperado el 09 de mayo de 2016, de <https://avdiaz.files.wordpress.com/2008/09/tratamiento-de-aguas-residuales.pdf>

Ecoworking. (04 de febrero de 2015). *Mala gestión de aguas residuales a nivel mundial*. Obtenido de Ecoworking: <http://www.ecoworking.es/2015/02/04/mala-gesti%C3%B3n-de-aguas-residuales-a-nivel-mundial/>

Eddy, & Metcalf. (1995). *Ingenieria de Aguas Residuales. Tratamiento, vertido y reutilizacion*. McGRAW HILL.

F.A.A. (09 de enero de 2015). Sistema de tratamiento de aguas residuales creado en Chile es éxito en la India. *La Tercera*. Obtenido de <http://www.latercera.com/noticia/tendencias/2015/01/659-611927-9-sistema-de-tratamiento-de-aguas-residuales-creado-en-chile-es-exito-en-la-india.shtml>

Facultad de ciencias químicas y farmacéuticas. (2004). Obtenido de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/18831/capitulo2.pdf>

Fernandez, A., Minagri, & ANA. (s.f.). *“AGUAS RESIDUALES EN EL PERÚ, PROBLEMÁTICA Y USO EN LA AGRICULTURA”*. Recuperado el 5 de mayo de 2016, de UN-WATER Activity Information System:

http://www.ais.unwater.org/ais/pluginfile.php/356/mod_page/content/128/Peru%20INFORME%20DE%20PAIS.pdf

Fishman, M. lo y J.J. Jen. (1986). *Chemistry and functions of pectins*. Washington: American Chemical Society. Obtenido de ACS Symposium Series.

FONAM. (Diciembre de 2010). *OPORTUNIDADES DE MEJORAS AMBIENTALES POR EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN EL PERU*. Recuperado el 5 de mayo de 2016, de Fondo Nacional del Ambiente : http://www.fonamperu.org/general/agua/documentos/Oportunidades_Mejoras_Ambientales.pdf

GEDAR. (s.f.). *Clasificación de los solidos en el Agua Residual*. Recuperado el 05 de mayo de 2016, de Gestion de Agus y Residuos: <http://www.gedar.es/clasificacion-de-los-solidos-del-agua-residual/>

Hernández, R. C. (2004). *Biblioteca CF+S*. Obtenido de Documentación gráfica sobre sostenibilidad- Agua:distribuciónyconsumo:http://habitat.aq.upm.es/boletin/n34/arcor_2.html

INECC. (18 de Noviembre de 2009). *Aprovechamiento de aguas grises*. Obtenido de Vivienda Sustentable: <http://vivienda.inecc.gob.mx/index.php/agua/recoleccion-reciclado-y-reuso-de-agua/aguas-grises>

J.Fernandez. (2000). *Manual de fitodepuracion. Filtros de macrofitas en flotacion*. Obtenido de <http://www.macrophytes.info/documentacion/>

Jimeno Blasco, E. (1998). *Analisis de agua y desagues*. Universidad Nacional de Ingenieria, Direccion de Bienestar Universitario, Lima.

Kelly A. Reynolds, M. P. (Octubre de 2002). *Tratamiento de Aguas Residuales en Latinoamerica*. Obtenido de Agua Latinoamericana: <http://www.agualatinoamerica.com/docs/pdf/DeLaLaveSepOct02.pdf>

Martelo, J., & Borrero, J. A. (2012). *Macrofitas flotantes en el tratamiento de Aguas Residuales*. Obtenido de Sistema de Información Científica Redalyc: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83524069011>

Martinez. 2007. *Tratamiento de aguas residuales industriales mediante electrocoagulación y coagulación convencional*. <https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/984/251Tratamientodeaguasresidualesindustriales.pdf?sequence=1>

Mendonça, S. (2000). *Sistemas de lagunas de estabilización: Como utilizar aguas residuales tratadas en sistemas de regadío*. Santafé de Bogota: Mc. Graw Hill.

MINAM. (s.f.). *La situacion de agua en el Peru*. Recuperado el 13 de abril de 2016, de Ministerio del Ambiente: <http://www.minam.gob.pe/cambioclimatico/situacion-del-agua-en-el-peru/>

OEFA. (Abril de 2014). *La Fiscalizacion Ambiental en Aguas Residuales*. Recuperado el 05 de abril de 2016, de Organismo de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

- OEFA. (abril de 2014). *Organizacion de Evaluacion y Fiscalizacion Ambiental*.
- ONU-Hábitat, P. (2010). *La importancia de la calidad del agua*. Obtenido de Naciones Unidas: http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/waterandsustainabledevelopment2015/pdf/04%20risk_water_quality_esp_web.pdf
- Paulson, L. D. (5 de abril de 2013). *¿En Dónde Se Practica la Mayor Reutilización de Agua?* Obtenido de RWL Water: <https://www.rwlwater.com/en-donde-se-practica-la-mayor-reutilizacion-de-agua/?lang=es>
- Pereira, L. C. (2009). Coping with Water Scarcity. In *Addressing the challenges*. Springer Science.
- Plan Verde. (1 de Agosto de 2011). *contaminacion del Agua por detergentes*. Obtenido de <http://www.planverde.df.gob.mx/ecomundo/44-agua/541-contaminacion-del-agua-por-detergentes-eutrofizacion-.html>
- PNUMA. (2012). *Perspectivas del medio ambiente mundial*. Obtenido de Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Schneider, C. F. (2011). The future of European floodplain wetlands under a changing climate. In *Journal of Water and Climate Change* (Vol. 2, pp. 106–122).
- SEMARNAP. (2000). *La gestión ambiental en México*. México: SEMARNAP.
- Sette, R. R. (1996). *Introducción a los procesos de tratamiento de aguas residuales*.
- the bank world. (mayo de 2011). *WATER REUSE IN THE ARAB WORLD FROM PRINCIPLE TO PRACTICE*. Obtenido de http://www-wds.worldbank.org/external/default/WDSContentServer/WDSP/IB/2012/08/09/000333037_20120809052415/Rendered/PDF/717450WP0Box3700Principle00Practice.pdf
- The National Academies of Sciences-Engineering-Medicine. (2012). *Tipos de reutilización del agua*. Obtenido de National Academies of Sciences: <http://nas-sites.org/waterreuse/what-is-water-reuse/types-of-water-reuse/>
- UNESCO. (2009). *Water in a Changing World. 3rd United Nations World Water Development*. Retrieved from United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris: <http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr3/tableofcontents.shtml>
- Valdez, D. (18 de marzo de 2008). *Cuida el Agua: Estadísticas y Consejos*. Obtenido de GreenPeace Morelos: <http://greenpeacemor.blogspot.pe/2008/03/cuida-el-agua-estadisticas-y-consejos.html>
- Van Dijk, J., & Oomen, J. (diciembre de 1978). *Filtración lenta en arena para abastecimiento público de agua en países en desarrollo*. Obtenido de <http://www.ircwash.org/sites/default/files/255.1-78FI-18897.pdf>
- Water and Sanitation Program. (abril de 2006). *Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades*. Obtenido de Water and Sanitation Program (WSP): <https://www.wsp.org/sites/wsp.org/files/publications/biofiltro.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1 - MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO: DISEÑO DE UN SISTEMA PILOTO CON FILTRO MULTIMEDIA PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS GRISES Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LAS AGUAS TRATADAS EN ASENTAMIENTO HUMANO EL HUARANGO TIERRA PROMETIDA, ICA - 2017.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	INDICES	METODOS	TECNICAS E INSTRUMENTOS
<p>PP. Problema principal ¿De qué manera el diseño de un sistema piloto con filtro multimedia para el tratamiento de aguas grises influirá en la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas tratadas en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017.?</p> <p>PS. Problema Secundarios 1PS. ¿De qué manera el diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influirá en la calidad fisicoquímica del agua gris tratada en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017? 2PS. ¿De qué manera el diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influirá en la calidad microbiológica del agua gris tratada en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017? PS3. ¿De qué manera el diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influirá en la conservación del medio ambiente y en el mantenimiento de áreas verdes en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017?</p>	<p>OG. Objetivo general Determinar la influencia del diseño de un sistema piloto con filtro multimedia en la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas tratadas en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017.</p> <p>OE. Objetivos Específicos OE1. Establecer de qué manera el diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influirá en la calidad fisicoquímica del agua gris tratada en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017. OE2. Verificar de qué manera el diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influye en la calidad microbiológica del agua gris tratada en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017. OE3. Demostrar de qué manera el diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influirá en el medio ambiente y en el mantenimiento de áreas verdes en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017.</p>	<p>HG. Hipótesis general El diseño de un sistema piloto con filtro multimedia para el tratamiento de aguas grises influirá directa y significativamente en la calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas tratadas en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017.</p> <p>HE. Hipótesis específicas HE1. El diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influirá significativamente en la calidad fisicoquímica del agua gris tratada en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017. HE2. El diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influirá significativamente en la calidad microbiológica del agua gris tratada en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017. HE3. El diseño de un sistema piloto con filtro multimedia influirá significativamente en el medio ambiente y en el mantenimiento de áreas verdes en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida, Ica - 2017.</p>	<p>Variable independiente: Diseño de un sistema piloto con filtro multimedia para el tratamiento de aguas grises</p> <p>Variable dependiente: Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua</p>	<p>1.1. Conocimientos del sistema 1.2. Conocimiento de las partes del sistema 2.1. Conocimientos del funcionamiento 2.2. Capacidad para ponerlo operativa</p> <p>1.1. Parámetros fisicoquímicos de acuerdo a los estándares nacionales 1.2. Parámetros microbiológicos de acuerdo a los estándares nacionales 2.1. Valores de parámetros fisicoquímicos 2.2. Valores de parámetros microbiológicos</p>	<p>Índices iX₁: Optimización de la filtración iX₂: Captación de químicos contaminantes iX₃: Empleo de sustancias inocuas en la desinfección</p> <p>Índices iY₁: Disminución de turbiedad a 100 UNT iY₂: Ausencia de agentes químicos contaminantes iY₃: Eliminación de la carga microbiana en el agua</p>	<p>Tipo de investigación Investigación aplicada</p> <p>Nivel de investigación Descriptiva</p> <p>Diseño de investigación Experimental (PRE Y POST-TEST)</p> <p>Universo Aguas grises generadas en las viviendas de la región Ica.</p> <p>Población Aguas grises generadas en Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida de Ica</p> <p>Muestra Aguas grises de una vivienda tomada para el estudio piloto</p>	<p>Técnica Muestreo compuesto Observación participante Pruebas experimentales Instrumentos Análisis de laboratorio Cuaderno de campo</p>

ANEXO 2

ELABORACIÓN DEL FLOCULANTE DEL CLODODIO DE LA TUNA

El clododio de la tuna (penca) que se va a emplear en las pruebas experimentales deben de ser verdes y gruesas de planta joven, las mismas que tienen una mayor cantidad de carbohidratos requeridos (pectinas y protopectinas, sustancias que tienen actividad floculante. La elaboración de dicho floculante se obtiene siguiendo el procedimiento que a continuación se describe:

Recolección de la muestra

Los clododios de la tuna se recolectarán en las chacras del distrito de Parcona, cogiendo las pencas más jóvenes, libres de cochinilla, gruesas y verdes, cuyo aspecto permite establecer el criterio de que no se ha iniciado en ella la leñización y existe un alto contenido de pectinas.

Lavado

Las muestras recolectadas se llevarán al laboratorio y se lavaran con abundante agua corriente frotándolas con un paño para eliminar las espinas y la tierra que en ellas se deposita en el campo. Después de lo cual se dejará escurrir.

Pelado

Una vez seco el clododio con ayuda de un cuchillo de acero inoxidable, se pelará sacando la capa exterior dejando al descubierto un material casi transparente que es la masa de carbohidratos.

Trozado

Con el mismo cuchillo se cortará la panca en pequeños trozos de aproximadamente 5 mm por lado un tamaño aproximado que sea lo más pequeño posible.

Extracción

El material trozado se pesará en porciones de 20 gramos y se colocara dentro de un vaso de precipitados y se le agregara 100 mL de agua y 10 mL de jugo de limón, poniéndose luego a hervir durante 30 minutos, y se agregará agua caliente para evitar que el volumen descienda.

Separación de los carbohidratos

Después de la media hora de hervor se retirará el vaso del fuego y se deja enfriar hasta temperatura ambiente y luego se agregará un 50% en volumen de alcohol de 96° y se dejará reposar hasta que aparezca una masa sólida de apariencia gelatinosa.

Filtración

Con el fin de separar el sólido de la parte líquida, se procede a la filtración con bastante cuidado para no pulverizar la masa y sea imposible la separación.

Secado

El sólido obtenido se llevará a secado a temperatura 60°C en estufa de termostato regulable, hasta eliminar la humedad.

Pulverizado

El material seco se pulverizará y se guardará en un recipiente hermético para que no coja humedad y se deteriore.

ANEXO 3

CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES DEL FILTRO MULTIMEDIA

Datos:

Consumo diario de agua:

En la preparación de alimentos: 16 L (20 %)

En Servicios higiénicos 16 L (20 %)

En lavandería, lava platos y duchas 48 L (60 %)

Volumen total de agua consumida por familia: 80 L (100 %)

Considerando que cada familia consta de 5 miembros, el consumo individual sería de:

$$80 \text{ L} : 5 = 16 \text{ L}$$

Volumen de agua gris generada: 48 L/día.

Caudal de filtración en m³/h

$$\frac{48 \text{ L/día}}{24 \text{ h} \times 1000 \text{ L}} = 0,002 \text{ m}^3/\text{h}$$

Cálculo del área de filtración por familia:

La tasa de filtración que se toma es de 0.15 m³/m²h.

$$\frac{0,002 \text{ m}^3/\text{h}}{0,15 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}} = 0,01333 \text{ m}^2$$

En Asentamiento Humano El Huarango Tierra Prometida de Ica hay un total de 1000 familias, según datos del Municipio de Ica, entonces se requerirá de un área de filtración de:

$$0,01333 \text{ m}^2 \times 1000 = 13,33 \text{ m}^2.$$

Según la Norma Técnica Peruana de edificación S.090. Plantas de tratamiento de aguas residuales, se debe de considerar una superficie de filtración de 15 m², como el filtro tendrá un diseño rectangular este por lado tendrá las siguientes dimensiones:

Largo: 5 m

Ancho: 3,5 m (considerando paredes de concreto).

ANEXO 4

ELABORACION DEL EXTRACTO DE SAUCE

ESTUDIO DEL SAUCE Y LOS TANINOS

Descripción Morfológica del sauce

El sauce es un árbol que en la plenitud de su desarrollo alcanza los 15 metros de altura, cuando crece en terrenos de abundante humedad, en zonas de clima cálido y templado, por lo que en el valle de Ica se cultiva en excelentes condiciones a orillas de los canales de regadío.

Composición Química del sauce

Como todo vegetal el sauce está constituido por celulosa, pectina, hemicelulosa y lignina. Además, contiene el glicósido salicina (1 – 3%), taninos (13%), resinas, materiales colorantes, sales minerales y flavonoides.

Propiedades físicas y químicas de los taninos

El tanino es un polvo amorfo amarillento, de baja densidad, soluble en agua, alcohol y acetona, insoluble en éter y se descompone al calentar a temperaturas superiores a los 210°C. Su sabor es agrio, astringente y de olor característico. Químicamente son sustancias complejas, usualmente se presentan como mezcla de polifenoles que son muy difíciles de separar y cristalizar. Son fácilmente oxidados y polimerizados en solución, y si esto ocurre, disminuye su efecto astringente y su valor terapéutico.

Recolección de la muestra de sauce

Las muestras de sauce fueron recolectadas en diferentes puntos del valle de Ica, donde este árbol se desarrolla con mucha facilidad en las diversas localidades de la zona, donde en las parcelas se le emplea como cerco, sembrándolo en las orillas de los canales de regadío. Se tomaron dos tipos de muestras: el tallo y las hojas de la planta. En cuanto a las hojas se tuvo especial cuidado de no coger las que se

encontraban atacadas de plagas y los tallos fueron de ramas delgadas, que después permitieron un rápido trozado y secado.

Preparación de la muestra para el análisis

Las muestras recolectadas primero se lavaron para eliminar la tierra y el polvo que se adhieren a su superficie en los campos de cultivo, luego se separaron, deshojando las ramas y colocando en sitio aparte las hojas. El tallo previamente se trozo en parte pequeñas a fin de apurar el proceso de secado en estufa. Ambas partes de la planta se colocaron por separado en estufas de aire a una temperatura de 60 °C como máximo a fin de evitar la descomposición de los principios activos de la planta, especialmente de los metabolitos secundarios que contienen sustancias fenólicas, entre los cuales se encuentran los taninos. Tanto las hojas como la corteza trozadas se colocaron en 5 cm. de alto como máximo a fin de que el secado sea rápido y uniforme. De esta manera se logró que al término de 24 horas el material este totalmente seco, en el caso de las hojas; y de 4 días para la corteza.

Una vez secas las muestras, estas se molieron en un molino de martillo hasta alcanzar un tamaño de partículas no mayor de 5 mm. Junto con las partículas de este tamaño, se obtuvo un polvo fino de malla 11 que se empleó para los respectivos análisis fisicoquímicos, mientras que las partículas de mayor tamaño se emplearon para la extracción por lixiviación de los taninos. La separación de las partículas molidas se llevó a cabo por tamizaje empleando un sacudidor universal y tamices de malla 100 u y 5 mm.

Las muestras secas, pulverizadas y tamizadas se guardaron por separado, en bolsas de papel, bien selladas a fin de que no capten humedad y se deterioren.

ANEXO 5

DESTINO FINAL DE LODOS DE LA FLOCULACIÓN

El lodo orgánico que es generado en el tanque de floculación posee bajas concentraciones de contaminantes tóxicos, fácilmente biodegradables. Como opción de manejo para el lodo generado, puede ser reusado para mejorar la calidad de los suelos como fertilizante.

La aplicación al suelo de lodos, se define como la distribución del fango sobre el terreno o inmediatamente por debajo de la superficie del mismo; el lodo se puede aplicar en:

Terrenos de uso agrícola

Terrenos de uso forestal

Terrenos marginales

Terrenos especialmente preparados para la evacuación de lodos.

En los diferentes casos, la aplicación al suelo se diseña con el objetivo de conseguir un tratamiento adicional de los lodos. La luz solar, los microorganismos que habitan el terreno y la desecación, se combinan para destruir los organismos patógenos y muchas de las sustancias tóxicas presentes en el lodo. Los metales de traza se quedan atrapados en la matriz del suelo y los nutrientes que consumen las plantas los convierten en biomasa útil.

En los tres primeros casos, los lodos se utilizan como un recurso valioso para la mejora del terreno. El lodo actúa como acondicionador del suelo para facilitar el transporte de los nutrientes, aumentar la retención de agua y mejorar la aptitud del suelo para el cultivo. El lodo también sirve como un sustitutivo parcial de fertilizantes químicos caros.

Esto se viene aplicando en otros países "... Adicionalmente en otras ciudades de Estados Unidos se venden productos basados en el compostaje de los lodos, tales como el "MetroGrow", en Madison-Wisconsin. En Los Angeles se comercializan los productos "Nitrohumus", "Amend" y "Topper". La cantidad transada por la compañía Kello Supply Inc. alcanza a 225.000 metros cúbicos por año" Facultad de ciencias químicas y farmacéuticas (2004)

ANEXO 6

REPORTE DE LABORATORIO

ANEXO 7

PLANOS DE FILTRO MULTIMEDIA