

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRIA EN CIENCIAS EN AGROECOLOGÍA
MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL**



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO
OBTENIDA EN UNA MICROPLANTA UTILIZANDO FILTRO LENTO DE ARENA
EN LA COMUNIDAD NATIVA DE CHUNCHIWI- LAMAS-REGIÓN SAN MARTIN**

TESIS

Para optar al grado de

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROECOLOGIA
MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL**

WANHIN ORLANDO AGUILAR HERRERA

Tingo María – Perú

2019



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO
DIRECCIÓN



"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Nro. 013-2019-EPG-UNAS

En la ciudad universitaria, siendo las 4:00 pm, del día martes 28 de mayo del 2019, reunidos en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

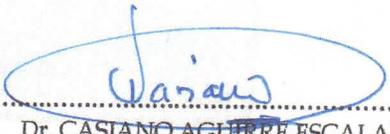
"EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO OBTENIDA EN LA MICROPLANTA UTILIZANDO FILTRO LENTO DE ARENA EN LA COMUNIDAD NATIVA DE CHUNCHUN-LAMAS-REGIÓN SAN MARTIN"

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias en AGROECOLOGIA, mención Gestión Ambiental, Wanhin Orlando AGUILAR HERRERA.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**.

Acto seguido, a horas 5:30 pm. el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.


.....
Dr. LUCIO MANRIQUE DE LARA SUAREZ
Presidente del Jurado


.....
Dr. CASIANO AGUIRRE ESCALANTE
Miembro del Jurado

.....
M.Sc SANDRO RUIZ CASTRE
Miembro del Jurado


.....
Dr. LADISLAO RUIZ RENGIFO
Asesor

DEDICATORIA

A Dios, creador de todas las cosas.

A Tila quien desde el cielo ruega por mí.
A Carlos por su inagotable paciencia.

AGRADECIMIENTOS

A la comunidad nativa de Chunchiwi por la esperanza de una vida mejor.

Al Lic. M.Sc. Marco Gálvez Díaz, quien elaboro los cuadros utilizando SSP.

ÍNDICE TEMATICO

Dedicatoria

Agradecimiento

Índice

Lista de siglas

Índice de Tablas

Índice de Figuras

Resumen

Abstract

I. INTRODUCCION.....	1
II. MATERIALES Y METODOS.....	4
2.1. Materiales.....	4
2.1.1. Materiales utilizados en la construcción la microplanta.....	4
2.1.2. Materiales utilizados en el muestreo de agua.....	5
2.2. Metodología.....	5
2.2.1. Análisis situacional de la cc.nn. de Chunchiwi.....	5
2.2.2. Localizacion geografica.....	5
2.2.3 Aspectos bioclimaticos.....	6
2.3. Tipo y Nivel de Investigación.....	8
2.4. Diseño de la investigación.....	9
2.4.1. Procedimiento.....	10
2.4.1.1 Etapa de pre campo.....	11
2.4.1.2 Etapa de campo.....	11
2.4.1.3. Etapa de laboratorio.....	14
2.4.1.4 Etapa de gabinete.....	18
2.5. Población, Muestra y Muestreo.....	18
2.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	18

2.6.1	Técnicas.....	18
2.6.2	Instrumentos.....	19
2.7.	Análisis e interpretación de datos.....	19
III.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	20
3.1.	Marco legal.....	20
3.1.1.	Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM.....	20
3.1.2.	Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM.....	20
3.1.3.	Decreto Supremo N° 031-2010-SA.....	21
3.2.	Antecedentes de la Investigación.....	24
3.2.1.	Antecedentes Nacionales.....	25
3.2.2.	Antecedentes Internacionales.....	25
3.3.	Fundamento Teórico.....	26
3.3.1.	Agua potable.....	26
3.3.2.	Calidad del agua.....	26
3.3.2.1.	Enfermedades relacionadas con el agua.....	29
3.3.2.2.	Principales características del agua.....	32
3.3.2.3.	Características físicas.....	32
3.3.2.4.	Características químicas.....	33
3.3.2.5.	Características biológicas.....	37
3.3.3.	Tratamiento del agua.....	40
3.3.4.	El filtro lento de arena.....	42
3.3.4.1.	Teoría de la filtración lenta de arena.....	42
3.3.4.2.	Descripción de la desinfección mediante filtración lenta.....	43
3.3.4.3.	Elementos de un filtro lento de arena.....	44

3.3.4.4. Requerimientos para su instalacion.....	44
3.3.4.5. Ventajas y limitaciones de los filtros.....	45
3.4. Definición de términos básicos.....	46
IV. RESULTADOS	49
4.1. Diseño de la Microplanta Potabilizadora.....	49
4.1.1. Parámetros empleados para el diseño.....	49
4.1.2. Resultado del diseño del tanque sedimentador.....	49
4.1.3. Resultado del diseño del Filtro Lento de Arena.....	51
4.1.4. Resultado del diseño del tanque reservorio.....	53
4.2. Propuesta de Construcción de la Micro Planta Potabilizadora.....	53
4.2.1. Esquema de la microplanta potabilizadora.....	54
4.3. Resultados del análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua.....	54
4.3.1. Primer muestreo.....	54
4.3.2. Segundo muestreo.....	56
4.3.3. Tercer muestreo.....	58
4.3.4. Cuarto muestreo.....	60
4.3.5. Quinto muestreo.....	62
4.4. Resultado promedio del analisis del agua.....	64
4.4.1. Resultado promedio del analisis fisicoquimico del agua.....	64
4.4.2. Resultado promedio del analisis bacteriologico del agua.....	65
4.5. Eficiencia de los parametros fisicoquimico y bacteriologico.....	67
4.6. Comparacion de los Resultados promedio con los estandares de calidad del agua (ECA).....	68
4.7. Operación y mantenimiento de la microplanta.....	70
4.7.1. Operación de la microplanta.....	70

4.7.2	Mantenimiento de la microplanta.....	71
V.	DISCUSION.....	71
5.1	Discusión de Turbiedad.....	72
5.2.	Discusión de pH.	72
5.3.	Discusión de Coliformes Totales.	72
5.4.	Discusión de Coliformes Termotolerantes.	72
5.5.	Discusión de Escherichia Coli.	72
5.6.	Comparación de resultados de Coliformes en efluentes con los ECA. ..	73
5.7.	Comparación de resultados de parámetros físicos en efluentes con los ECA.	73
	CONCLUSIONES	
 ¡Error! Marcador no definido.	4
	RECOMENDACIONES	
 ¡Error! Marcador no definido.	
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
 ¡Error! Marcador no definido.	6
	ANEXOS.....	
 ¡Error! Marcador no definido.	9
	Anexo 1. Panel Fotográfico.....	79
	Anexo 2. Plano de planta potabilizadora de agua ¡Error! Marcador no definido.	
	82
	Anexo 3. Plano de elevación de planta potabilizadora de agua	83
	Anexo 4. Plano de detalle de tanque filtro.....	84
	Anex0 5. Resultados del analisis del agua por Laboratorio Referencial.....	85

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Materiales utilizados en la construcción de la microplanta.....	1
Tabla 2 Relación de Materiales de muestreo	5
Tabla 3 Principales especies de flora de la ccnn de Chunchiwi.....	7
Tabla 4 Principales especies de la fauna de la ccnn de Chunchiwi	8
Tabla 5 Caudales de agua meses enero y febrero 2018.....	12
Tabla 6 Clasificación de los contaminantes presentes en el agua.....	27
Tabla 7 Índices de dureza del agua.....	34
Tabla 8 Rango de alcalinidad del agua.....	35
Tabla 9 Concentración de cloruros según tipo de agua.....	36
Tabla 10 Clasificación de coliformes totales.....	38
Tabla 11 Resumen de características del sedimentador.....	50
Tabla 12 Resumen de características del filtro lento de arena.....	52
Tabla 13 Dimensionamiento del tanque de almacenamiento.....	53
Tabla 14 Resultado del análisis físicoquímico y bacteriológico del agua primer muestreo.....	54
Tabla 15 Resultado de análisis físicoquímico y bacteriológico del agua segundo muestreo.....	56
Tabla 16 Resultado del análisis físicoquímico y bacteriológico del agua Tercer muestreo.....	58
Tabla 17 Resultado de análisis físicoquímico y bacteriológico del agua Cuarto muestreo.....	60
Tabla 18 Resultado de análisis físicoquímico y bacteriológico del agua	

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación del área de estudio	6
Figura 2	Vista panorámica de la CCNN de Chunchiwi.....	6
Figura 3	Vista de la microplanta potabilizadora.....	13
Figura 4	Escala pH.....	34
Figura 5	Escherichia coli al microscopio.....	40
Figura 6	Sistema de Filtro Lento de Arena.....	42
Figura 7	Tanque Sedimentador.....	51
Figura 8	Filtro lento de arena	51
Figura 9	Tanque reservorio.....	53
Figura 10	Resultados del análisis fisicoquímico del agua del 1er. Muestreo.....	55
Figura 11	Resultado del análisis bacteriológico del agua del 1er Muestreo.....	56
Figura 12	Resultados del análisis fisicoquímico del agua del 2do. Muestreo.....	57
Figura 13	Resultado del análisis bacteriológico del agua del 2do. Muestreo.....	58
Figura 14	Resultado del análisis fisicoquímico del agua del 3er. Muestreo.	59
Figura 15	Resultado del análisis bacteriológico del agua del 3er. Muestreo.....	60
Figura 16	Resultado del análisis fisicoquímico del agua del 4to. Muestreo.....	61
Figura 17	Resultado del análisis bacteriológico del agua del 4to. Muestreo.	62
Figura 18	Resultado del análisis fisicoquímico del agua del 5to. Muestreo.....	63
Figura 19	Resultado del análisis bacteriológico del agua del 5to. Muestreo.....	64
Figura 20	Resultado promedio del análisis fisicoquímico de pH y turbidez.....	65
Figura 21	Resultado promedio del análisis de Coliformes totales.....	66
Figura 22	Resultado promedio del Coliformes termotolerantes y E. Coli.....	66
Figura 23	Eficiencia gráfica para parámetros fisicoquímicos.....	67
Figura 24	Eficiencia grafica para parámetros bacteriológicos.....	68
Figura 25	Representación gráfica del pH y turbidez frente a ECA Del agua.....	69

Figura 26	Representación gráfica de los parámetros bacteriológicos Frente al ECA del agua.....	69
-----------	--	----

RESUMEN

La microplanta se diseñó y construyó para un abastecimiento de 600 L/día de agua cruda. El sistema se operó durante 4 meses; realizando cinco muestreos tanto de agua entrante (agua cruda) y agua saliente (agua tratada) en forma periódica. Los resultados obtenidos de indicadores fisicoquímico y bacteriológico fueron evaluados y comparados con los valores exigidos en el ECA según lo establecido en el D.S. 002-2015.MINAM. y D.S. N° 031-2010-SA del Ministerio de Salud.

Evaluar la eficiencia de una microplanta potabilizadora de agua en la que utiliza un filtro lento de arena como medio de desinfección en comunidad nativa de Chunchiwilamas – Región San Martín; bajo condiciones controladas y en términos de comparación de pH, turbiedad, Coliformes totales, Coliformes termotolerantes y *Escherichia coli*.

Con respecto al agua tratada, la turbiedad tuvo un valor promedio de 3.04; el pH un valor promedio de 7.40, los Coliformes totales de 494.02; los Coliformes termotolerantes fue de 6.14 y para *Escherichia coli*, el valor promedio fue de 3.42. Comparando con los valores exigidos por ECA se obtuvo una eficiencia de 83.53% para Coliformes totales; 99.70% para Coliformes termotolerantes y 31.6% para *E. coli*.

El sistema de agua empleado resultó adecuado para el tratamiento de agua a nivel rural y se cumplió con la reglamentación del Perú.

La población beneficiada directamente es de 30 habitantes entre alumnos y profesores de la Institución Educativa de la comunidad e indirectamente es de aproximadamente 400 habitantes

Palabras Clave: Agua turbia, *Escherichia coli*, turbiedad del agua, afluyente, efluente.

ABSTRACT

To evaluate the efficiency of a water treatment plant using a slow sand filter as a mean of disinfection in the native community of Chunchiwi-Lamas San Martín Region, under controlled conditions and in terms of comparison of pH, turbidity, total coliforms, thermotolerant coliforms and *Escherichia coli*.

the micro plant was designed and built for a supply of 600 liters / day of tap water. The system was operated during four months, performing five samplings of both, incoming water (tap water) and outgoing water (treated water) on a periodic basis. The results obtained from physicochemical and bacteriological indicators were evaluated and compared with the values required in the ECA as established in the D.S. No. 002-2015.MINAM. and D.S. N° 031-2010-SA of the Ministry of Health.

In relation to treated water, turbidity had an average value of 3.04; the pH an average value of 7,40, the total coliforms of 494.02; the thermotolerant coliforms was 6.14 and for *escherichia coli* the average value was 3.42. compared to the values required by ECA, an efficiency, of 83.53% for total coliform, was obtained; 99.70% for thermotolerant coliforms and 31.6 % for *Escherichia coli*.

the water system used was adequate for water treatment at rural level according to the regulations of Peru. The directly benefited population is 30 inhabitants between students and teachers of the school in the community, which has approximately 400 inhabitants.

keywords: tap water, *escherichia coli*, water turbidity, affluent, effluent.

INTRODUCCION

La potabilización del agua en el medio rural es un problema que persiste, por lo tanto merece su atención rápida y oportuna. Frente a esto la Filtración lenta de arena es considerada como una tecnología de fácil construcción, operación y monitoreo por parte de las familias y/o comunidades rurales, quienes carecen de un adecuado abastecimiento de agua segura para consumo humano.

Se ha comprobado que este sistema posee una eficiencia de más del 95% en la remoción de sólidos suspendidos (turbiedad), materia orgánica y microorganismos patógenos causantes de enfermedades gastrointestinales, sobre todo en los niños que constituyen la población de mayor vulnerabilidad. Por esto el filtro lento de arena (FLA) puede considerarse como una alternativa técnica, social, económica y sanitaria, totalmente sostenible y viable para la potabilización de agua en las zonas rurales del país y la región San Martín.

Entonces es necesario, establecer un adecuado diseño del sistema de filtración, que resulte beneficioso a las poblaciones rurales, los cuales puedan contar con una tecnología ajustada a sus necesidades y a la vez pueda mejorar las condiciones de vida y puedan ellos mismos hacer sostenible este servicio de agua de calidad.

En este contexto, el presente proyecto de investigación, plantea una metodología para el diseño, construcción, instalación y evaluación de un sistema de potabilización de agua descentralizada a las familias ubicadas en la Comunidad Nativa de Chunchiwi comprensión del distrito de San Roque de Cumbaza de la Provincia de Lamas: quienes tienen problemas en el abastecimiento de una agua de calidad para consumo humano.

Se abordará, por lo tanto, la problemática de acceso al agua de calidad, la teoría de la filtración lenta de arena, la tecnología para construir e instalar una microplanta potabilizadora de agua rural, el monitoreo de la calidad del agua durante un periodo que asegure su calidad y las recomendaciones para su operación elaborando un manual para uso de beneficiados.

Esta comunidad nativa contaba con sistema de abastecimiento de agua cruda por gravedad realizada por la comunidad. Este sistema abastece de agua a través de 4 piletas ubicadas en distintos puntos del lugar.

Se procedió primeramente a diseñar y construir la microplanta potabilizadora teniendo en cuenta la población actual directamente beneficiada es de 30 habitantes

y la población indirectamente beneficiada es de aproximadamente 400 habitantes y el caudal promedio de agua que abastece a la comunidad es de 600 L/día.

Se realizó el monitoreo de agua cruda (afluente) y agua potable (efluente) llevando a cabo el análisis fisicoquímico y microbiológico de muestras recogidas durante fechas diferentes, mínimo cinco, espaciadas estas cada quince días como mínimo.

Dado que el proyecto está orientado a mejorar la calidad de vida de comunidades nativas rurales con población dispersa, se tuvo cuidado en que el sistema de tratamiento, operación y mantenimiento sea fácil de manejar para dichos pobladores.

El sistema implementado es del tipo de Planta modular por filtración lenta, por ser el más conveniente por su mínima necesidad de operación y mantenimiento. Así mismo los equipos no son costosos y complicados para personas con baja capacidad técnica.

Se pudo comprobar que el sistema de filtración lenta es una alternativa para mejorar la calidad de agua, obteniendo una lata remoción de turbidez, Coliformes fecales y Coliformes totales, sin alterar considerablemente el pH. Dado que el nivel de turbiedad es bajo, excepto en invierno, época de lluvias, fue necesario implementar un sedimentador antes de la filtración.

Esta investigación ha contribuido a que los beneficiarios, especialmente niños, conozcan la calidad del agua, sensibilizándolos sobre su uso y cuidado a través de charlas, lo que permitirá la reducción de enfermedades gastrointestinales.

Objetivos

Objetivo general

Mejorar la calidad de vida del poblador rural mediante instalación de una microplanta de potabilización de agua rural por método de filtración lenta de arena y comprobar que pueda ser utilizada para consumo humano.

Objetivos específicos

- a) Diseñar y construir los distintos parámetros más importantes de una microplanta que influyen el tratamiento eficaz de potabilización de agua en el medio rural.
- b) Evaluar la calidad de agua de la planta micro potabilizadora.
- c) Determinar los materiales y componentes que se dan en la construcción de la microplanta de potabilización de agua rural.

- d) Realizar una guía de operación y mantenimiento de la microplanta potabilizadora de agua rural.

La presente investigación está estructurada de la siguiente manera:

En el capítulo I, se realizó el planteamiento y formulación del problema en general y específicos. Incluye los objetivos y la justificación e Importancia del trabajo de investigación.

En el capítulo II se hizo mención a los materiales empleados para construir la microplanta potabilizadora, se desarrolló el diseño de la investigación, se determinó la población y se obtuvo el procedimiento muestral, se menciona los instrumentos que se emplearon, el procedimiento de la investigación y las técnicas de procesamiento y análisis de datos.

En el capítulo III están los antecedentes biográficos, las bases teóricas y el glosario de términos básicos.

En el capítulo IV, se reporta los resultados en forma analítica y gráfica respectivamente. Se grafica los 5 muestreos y se encuentra la eficiencia de la microplanta y su relación con los ECAs de la calidad del agua.

En el capítulo V, se analiza y discute los resultados, haciendo una contrastación de la hipótesis.

Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones que responden a la determinación del problema de investigación. Las referencias bibliográficas y las tablas y figuras permiten encontrar los orígenes que validan la información encontrada en este documento.

MATERIALES Y METODOS

En este capítulo se describe los diferentes materiales utilizados en la presente investigación; así mismo se desarrolla en forma sistemática y secuencial la metodología empleada.

2.1 Materiales

2.1.1. Materiales utilizados en la construcción de la microplanta

Los materiales e insumos que se emplearon para el montaje de la microplanta de agua, se presentan en la tabla 1.

Tabla 1.

Relación de Materiales para la microplanta de agua.

Ítem	Descripción	cantidad	unidad
01	Tanque de 350 L de polietileno	02	unidad
02	Tanque de 250 L de polietileno	01	unidad
03	Cuarzo de ½ pulgada	100	kg
04	Cuarzo de ¼ pulgada	100	kg
05	Cuarzo de 1/16 pulgada	350	kg
06	Grifo de ½ pulgada	02	unidad
07	Llave de paso de ½ pulgada	01	unidad
08	Codo de ½ pulgada galvanizado	01	unidad
09	Adaptadores de ½ pulgada de PVC	04	unidad
10	Uniones universales de ½ pulg. de PVC	02	unidad
11	Niples de ½ x 2 pulg. De PVC	02	unidad
12	Teflón cinta	01	unidad
13	Pegamento	01	unidad
14	Parrillas metálicas de 1mx1mx1m	03	unidad

Fuente: Elaboración propia

2.1.2. Materiales utilizados en el muestreo del agua

En la tabla 2 se muestran los materiales utilizados para el muestreo y análisis de agua.

Tabla 2*Relación de Materiales de muestreo.*

Ítem	Descripción	cantidad	unidad
01	Frasco de vidrio esterilizado de 250 mL	02	unidad
02	Vaso de precipitado de 250 mL	02	unidad

Fuente: Elaboración propia

2.2. Metodología

2.2.1. Análisis situacional de la comunidad nativa de Chunchiwi

La comunidad nativa de Chunchiwi presenta una población dispersa. Es una zona de pequeñas chacras dedicadas mayormente al cultivo de café y cacao, en su mayoría las familias disponen de propiedades entre 2 a 3 hectáreas y en muchos casos tienen pequeños lotes de sembrío. El abastecimiento de agua cruda lo hacen a través de piletas ubicadas en lugares estratégicos. La captación se realiza en la quebrada “Huairuro yacu” que se encuentra en la parte alta ubicada a 250 metros sobre el nivel de la planta potabilizadora con una pendiente de 45°.

El grupo poblacional comprendido por mujeres se hace importante, porque son ellas las que notan con mayor claridad los problemas y beneficios que aporta el agua para el bienestar de la familia. La comunidad cuenta aproximadamente con 80 familias con total de beneficiarios de 400 habitantes. De las cuales 30 habitantes, pertenecientes a la Escuela del pueblo son los consumidores directos. Son bilingües, es decir hablan el quechua lamisto y el español. Pertenecen a la comunidad de lamistas nativos.

2.2.2. Localización geográfica

La investigación se realizó en la comunidad nativa de Chunchiwi, comprensión del distrito de San Roque de Cumbaza de la Provincia de Lamas de la Región San Martín

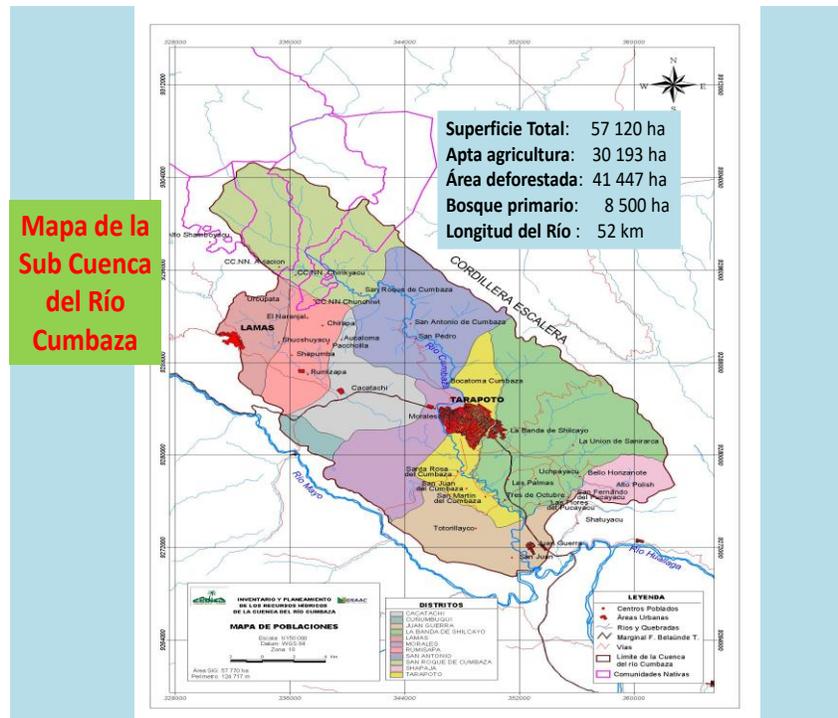


Figura 1
Ubicación del área de estudio

2.2.3. Aspectos bioclimáticos

a) Topografía

La comunidad nativa de Chunchiwi se ubica sobre terrenos inclinados y pendientes pronunciada entre 20 y 30° tal como se observa en la figura 2.



Figura 2
Vista panorámica de la cc.nn. de Chunchiwi

b) Hidrología

En el área de estudio no pasa cerca río alguno, solo existe quebrada en la parte alta del pueblo, siendo fuente de agua cruda para la comunidad.

c) Clima

El clima es tropical semi húmedo según la escala de Kopper.

d) Población

La población de la comunidad nativa de Chunchiwi es de aproximadamente 400 habitantes constituidas en 80 familias.

e) Flora

El bosque que existe en el área es tipo seco, con presencia de plantas nativas como plantas rastreras, arbustos y árboles. Ubicándose estas especies en bosques primarios y secundarios (Rengifo Carlos, 2016).

En la tabla 3 las principales especies de flora que aún se preservan:

Tabla 3:

Principales especies de Flora de la CCNN de Chunchiwi

Nombre común	Nombre científico
Bolaina	<i>Guazuma ulmifolia</i>
Sapote	<i>Pouteria sp</i>
Topa	<i>Ocroma lagopus</i>
Oje	<i>Ficus insípida</i>
Yanavara	<i>Vernonia sp</i>
Atadijo	<i>Crotón matourensis</i>
Ingaina	<i>Inga sp</i>
Huayruro	<i>Ormosia coccinea</i>
Almendro	<i>Caryocar sp</i>
Chirik sanango	<i>Potalia amara</i>

Fuente: Dr. Carlos Rengifo Saavedra (2016)

f) Fauna

Las principales especies que se encuentran se mencionan en la tabla 4.

Tabla 4

Principales especies de Fauna de la CCNN de Chunchiwi

Nombre Común	Nombre científico
Añuje	<i>Dasyprocta variegata</i>
Majaz	<i>Cuniculus paca</i>
Intuto	<i>Dusicyon sechurae</i>
Conejo silvestre	<i>Sildelegus brasiliensis</i>
Carachupa	<i>Didelphis marsupialis</i>
Manacaraco	<i>Ortalis erythroptera</i>
Lechuza	<i>Tipo sp</i>
Cascabel	<i>Crotalus sp</i>
Jergón	<i>Bothrops atrox</i>
Shushupe	<i>Lachesis muta muta</i>
Mantona	<i>Boa constrictor</i>
Loromachaco	<i>Bothrops bilineatus</i>
Shitari	<i>Pterygophyuctus sp</i>
Bujurqui	<i>Aequidens tetramerus</i>
Añashua	<i>Carenicichla sp</i>

Fuente: Rengifo, Carlos (2016)

En cuanto a riqueza faunística, que es motivo de caza indiscriminada por parte de los lugareños mediante “tramperos” y caza directa, así como matanza en el bosque y “pesca con venenos” en las fuentes de agua, que pone en riesgo su supervivencia (Rengifo Carlos, 2016).

- g) **Altitud media** : 870 m.s.n.m
- h) **Longitud –E (m)** : 337 194
- i) **Latitud – N (m)** : 9 294 193
- j) **Temperatura media** : 26°C

2.3. Tipo y Nivel de Investigación

Aplicada; ya que utiliza conocimientos teóricos y prácticos realizados anteriormente por otros autores, pero en diferentes contextos. Tuvo como finalidad la resolución de un problema práctico. Así mismo el estudio tuvo un enfoque **cuantitativo**, ya que fue necesario analizar los valores del análisis del agua y compararlo con la normatividad vigente.

El Nivel de la Investigación es **Explicativa** porque la investigación cuenta con una sola población, pero utiliza más de una variable estableciendo una relación de causalidad entre las variables. Tuvo como finalidad, explicar las razones de la

contaminación del agua y la eficiencia del filtro lento de arena; en este caso se midieron en forma independiente los valores del análisis del agua entrante y saliente a la microplanta de agua potable de Chunchiwi; a través de parámetros indicadores de calidad de agua.

2.4. Diseño de la Investigación

El diseño de la Investigación es **experimental** porque se hicieron medidas de los indicadores de las variables antes y después del método empleado y se comparó con los valores indicados en la normatividad de agua potable vigente.

El diseño del proyecto, dada la naturaleza de la investigación y los objetivos específicos propuestos mediante los cuales se pretende diseñar, construir e implementar la microplanta potabilizadora y luego observar la mejora en el objeto de estudio, que en este caso es el agua en el ámbito rural, será experimental del tipo pre experimental.

Según, Hernández, R. (2010), los diseños pre experimentales manipulan deliberadamente al menos, una variable independiente para observar su efecto y relación con una o más variables dependientes, solo que difieren de los experimentos “puros” en el grado de confiabilidad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos. En los diseños pre experimentales los sujetos no se asignan al azar a los grupos ni se emparejan, sino que dichos grupos ya están formados antes del experimento: se denominan grupos intactos, la razón por la que se forman y la manera como se formaron es independiente del experimento que se realiza.

El esquema propuesto es el siguiente:

M ——— O1 ——— X ——— O2

En donde:

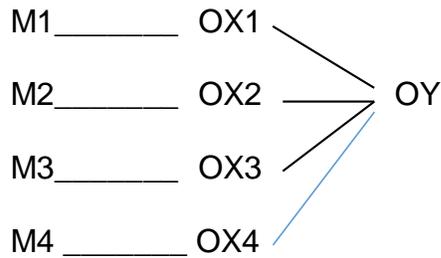
M representaría el objeto de estudio, es decir el agua que se utiliza como de consumo en el ámbito rural

O1, Se refiere a la medición de la calidad del agua utilizada como consumo en el ámbito rural, antes de ser tratada por el filtro de arena lento.

X, sería el estímulo, condición experimental o tratamiento, para el caso el filtro de arena lento.

O2, Se refiere a la medición de la calidad del agua utilizada como consumo en el ámbito rural, después de ser tratada por el filtro de arena lento.

La metodología sería la siguiente:



M1, M2, M3 y M4: Muestras respectivas de acuerdo a la nomenclatura del estudio, las cuales serán caracterizadas según análisis.

OX1 : Observación de la caracterización de microorganismos (Coliformes totales) del agua

OX2 : Observación de Coliformes fecales del agua

OX3 : Observación de la turbidez del agua.

OX4 : Observación del pH del agua

OY : Observación de la variable Dependiente

El diseño converge a este modelo: Regresión múltiple.

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon$$

Variable dependiente, explicada o regresando. (Mejoramiento de la calidad de vida del poblador rural)

X1, X2, X3 y X4: Variables explicativas, independientes o regresores.

$\beta_0 + \beta_1 + \beta_2$: Parámetros, miden la influencia que las variables explicativas tienen sobre el regresando.

Donde

ε es la intersección o término "constante", las β son los parámetros respectivos a cada variable independiente.

2.4.1. Procedimiento

Para determinar la calidad de agua para consumo humano de la comunidad nativa de Chunchiwi, el proyecto considero cuatro etapas: Una etapa de pre- campo; una etapa de campo, una etapa de laboratorio y ultima la etapa de gabinete.

2.4.1.1. Etapa de pre campo

En esta etapa se realizó la recolección de información

- Recopilación de información bibliográfica
- Planificación para muestreo y selección de parámetros.
- Recopilación de información y material bibliográfico sobre la zona de estudio.
- Diseño de la microplanta potabilizadora

2.4.1.2 Etapa de campo

En esta etapa se realizó las visitas a la CCNN de Chunchiwi realizándose las siguientes actividades:

a) Análisis de Disponibilidad de agua

Para determinar la cantidad de agua (caudal disponible promedio) se hizo por medición de caudales en el punto de captación y en la pileta de abastecimiento. Para esta medición se utilizó el método volumétrico.

La fórmula utilizada es la siguiente:

$$Q = V / t \quad (1)$$

Dónde:

Q = Caudal

V = Volumen

t = tiempo

Se determinó los caudales en época de lluvia, meses de enero y febrero. En la siguiente tabla se muestra los caudales obtenidos.

Tabla 5.
Caudales de agua meses de enero y febrero 2018

Mes	Enero	Febrero
Fecha	28/01/2018	25/02/2018
Caudal promedio	180 mL /s	200mL/s

Fuente: Elaboración propia

b) Consumo de Agua para el Diseño de la Microplanta

Teniendo en cuenta que el agua producida será utilizada solamente para uso personal, preparación de alimentos y para beber se calculó un consumo de 20 L/hab/día.

Tomando como referencia una población directa de 30 personas, entre profesores y alumnos pertenecientes a la institución educativa 0200 de educación primaria y 1193 del Jardín de Infancia de la CCNN de Chunchiwi. Por lo tanto se adoptó una demanda diaria de 600 L/día como agua de diseño.

c) Instalación de la microplanta potabilizadora

Una vez diseñado la microplanta para una capacidad de 600 L/ día. Se procedió a la selección de equipos y materiales y luego se realizó la instalación de la microplanta potabilizadora. Las características de la microplanta instalada son las siguientes:

- Capacidad de filtración 600 L/día
- Área de filtración 0.5026 m²
- Caudal de filtración 0.0503m³/hr
- Sistema de filtración:
 - ✓ Grava de ½ pulgada 10 cm
 - ✓ Grava de ¼ pulgada 10 cm
 - ✓ Arena fina (cuarzo) de 1/16 pulgada 40 cm
- Espesor del lecho 60 cm
- Altura de agua sobrenadante 20 cm
- Altura de tanque de filtro 1.20 m
- Diámetro de Tanque filtro 0.80 m
- Volumen de tanque sedimentador (agua cruda) 350 L
- Volumen de tanque reservorio (agua filtrada) 350 L



Figura 3.
Vista de la microplanta potabilizadora

d) Numero de Muestras y frecuencia de muestreo

El número de muestras tomadas es de cinco (5), espaciadas en periodos mínimos de 15 días, después de 30 días de instalada de la microplanta, periodo que le permite al filtro alcanzar su maduración.

e) Recolección de las muestras

La metodología empleada para la recolección de muestras es la misma recomendada por Protocolo de Monitoreo de agua dela DIGESA, tanto para afluente (entrada) y efluente (salida) de la microplanta potabilizadora.

Las muestras que se tomaron para el análisis tanto fisicoquímico como microbiológico fueron representativas. Para su recogida se utilizó frascos de vidrio estériles y en cantidad de 350 mL. para agua cruda y agua tratada respectivamente. En ambos casos los envases se llenaron por completo para excluir el aire. Se guardaron en refrigeradora a 4°C y luego antes de las 24 horas se procedió a su análisis respectivo.

f) Preservación de las muestras

La muestra de agua debe trasladarse al laboratorio en el menor tiempo posible. El tiempo máximo entre muestreo y el inicio del análisis microbiológico fue de 4 horas.

g) **Transporte de las muestras**

El transporte de las muestras es de vital importancia, esto se llevó a cabo siguiendo las recomendaciones del Laboratorio Referencial de MINSA, que permite asegurar la calidad de las muestras y se disponga de resultados confiables.

2.4.1.3 Etapa de Laboratorio

Comprende el análisis fisicoquímico y microbiológico de las muestras de agua recolectadas en campo. Para el análisis de laboratorio se empleó Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. APHA. AWWA. WEF. 21th Edición 2005.

Los parámetros analizados fueron los siguientes:

- a) Coliformes totales
- b) Coliformes termotolerantes
- c) Coliformes fecales (Escherichia Coli)
- d) Turbiedad
- e) pH

La metodología empleada para cada parámetro fisicoquímico y microbiológico de las muestras de agua cruda y tratada que permitan evaluar la calidad de agua es la siguiente:

a) **Coliformes totales**

Pueden hallarse tanto en heces como en el medio ambiente, por ejemplo aguas ricas en nutrientes, suelos, materias vegetales en descomposición. También hay especies que nunca o casi nunca se encuentran en las heces pero que se multiplica en el agua.

Características:

El grupo Coliformes está formado por todas las bacterias Gram. Negativas aerobias y anaerobias facultativas, no formadoras de esporas, con forma de bastón que fermentan la lactosa, produciendo gas y ácido en 48 horas a 35 °C y desarrollándose en presencia de sales biliares y otros agentes tensoactivos.

Riesgos:

Su presencia indica ineficiencia en el tratamiento del agua y de la integridad del sistema de distribución. Por ingestión o inhalación puede ocasionar gastroenteritis. Por contacto causa infección a la piel, ojos y oído.

Método de análisis:

El método de análisis utilizado es el de tubos múltiples.

Concentración establecida

El Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA) considera cero "0" su presencia.

b) Coliformes fecales (Escherichia coli)

Abunda en las heces de origen humano y animal. Se halla en agua residual, en agua y suelos naturales que ha sufrido contaminación reciente, ya sea de seres humanos, operaciones agrícolas o de animales.

Características

Pertenece a la familia de las entero bacteriáceas, posee las enzimas beta-galactosidasa, betaglucuronidasa. Se desarrolla a 44 – 45°C en medios complejos, fermenta la lactosa y el manitol liberando ácido y gas, produciendo índol a partir del triptófano. Algunas cepas pueden desarrollarse a 37°C pero no a 44 – 45°C y algunas no liberan gas. Escherichia coli no produce oxidasa ni hidroliza urea.

Riesgos

La vía de infección primaria es la ingestión. Habitualmente no es patógeno, pero puede ocasionar gastroenteritis. Diarreas y vómitos intensos. Deshidratación. Frecuentemente es mortal si no se trata adecuadamente.

Método de análisis

Se puede realizar la determinación de Escherichia coli con la prueba de Índol. Pero estos resultados no son cuantificables, por eso se utiliza el método de serie de 3 tubos de dilución.

Estos análisis se realizaron en los Laboratorios de:
Biología y Microbiología de la UNSM-T
Referencial de MINSA de Morales (Tarapoto)

c) Turbiedad

La turbidez del agua es producida por materias en suspensión, como arcillas, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton, sedimentos procedentes de la erosión y microorganismos, el tamaño de estas partículas varía desde 0,1 a 1,00 nm (nanómetro) de diámetro.

La turbidez se utiliza para indicar la calidad del agua y la eficiencia de la filtración para determinar si hay presencia de organismos que provocan enfermedades. La materia suspendida en el agua absorbe la luz, haciendo que el agua tenga un aspecto nublado. Esto se llama turbidez. La turbidez se puede medir con diferentes técnicas, esto demuestra la resistencia a la trasmisión de la luz en el agua.

Características:

La turbiedad, como medida de las propiedades de transmisión de la luz de un agua, es otro parámetro que se emplea para indicar la calidad de las aguas naturales en relación con el material coloidal y residual en suspensión.

Elevados niveles de turbiedad pueden proteger a los microorganismos de los efectos de la desinfección y estimular la proliferación de las bacterias.

Riesgos:

Una alta turbidez suele asociarse a altos niveles de microorganismos como virus, parásitos y algunas bacterias. Estos organismos pueden provocar síntomas tales como náuseas, diarreas y dolores de cabeza.

Método de análisis

Método Nefelómetro expresado en UNT (Unidades Nefelométricas de Turbidez).

Concentración establecida

Según la OMS la turbidez del agua para consumo humano no debe superar en 5 UNT a 30°C.

d) pH

Es el valor que determina si una sustancia es ácida, neutra o básica, calculando el número de iones hidrógeno presentes. Se mide en una escala a partir de 0 a 14, en la escala 7, la sustancia es neutra. Los valores de pH por debajo de 7 indican que una sustancia es ácida y los valores de pH por encima de 7 indican que es básica.

Cuando una sustancia es neutra el número de átomos de hidrógeno y de oxhidrilos son iguales. Cuando el número de átomos de hidrógeno (H^+) excede al número de átomos del oxhidrilo (OH^-), la sustancia es ácida.

Características:

La concentración de ion hidrógeno es un parámetro de calidad de gran importancia tanto para el caso de calidad de aguas naturales como residuales.

Todas las etapas del tratamiento de agua para suministro y residual, como la neutralización, precipitación, coagulación, desinfección dependen del pH.

A una temperatura determinada, la intensidad de carácter ácido o básico de una solución viene dada por la actividad del ion hidrógeno o pH.

El pH de los medios acuosos puede medirse convenientemente con el pH-metro.

Riesgos:

El pH no ejerce efectos directos en los consumidores, es uno de los indicadores de la calidad del agua.

Método de análisis

La medición se hace "in situ", de modo que no se modifique los equilibrios iónicos debido al transporte o una permanencia prolongada en recipientes cambia cuando es llevado al laboratorio.

Concentración establecida

Según la OMS el pH recomendable es de 6,5 a 9,5.
El pH más aceptable es 6,5 a 8,5.

2.4.1.4. Etapa de Gabinete

Durante esta etapa se realizaron las siguientes actividades:

- a) Sistematización de la información a partir de resultados obtenidos en las etapas de campo y laboratorio.
- b) Análisis e interpretación del análisis de los parámetros seleccionados
- c) Redacción e Impresión del Informe final.

2.5. Población, Muestra y Muestreo

A efecto del trabajo experimental la población y muestra de estudio estuvo conformada por 05 muestras de agua antes de ser tratada en el filtro de arena y 05 muestras de agua después de ser tratadas por el filtro lento de arena.

2.6. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

2.6.1 Técnicas

Las principales técnicas que se utilizaron en la investigación son:

- Análisis documental
- Observación directa de análisis

2.6.2. Instrumentos

- Dispositivos adecuados para la toma de muestras
- Ficha de observación

2.7. Análisis e interpretación de datos

El análisis e interpretación de los datos y resultados se hizo de acuerdo a los supuestos básicos planteados en la investigación y serán resumidos en la fundamentación teórica.

REVISION DE LITERATURA

3.1. Marco Legal

La calidad del agua en el país, esta normado por el D.S. N° 002-2008-MINAM y su modificatoria en el D.S. N° 015-2015-MINAM. Estándares nacionales de Calidad Ambiental para Agua y el Reglamento de la Calidad del Agua para consumo humano dispuesto en el D.S. N° 031-2010-SA.

3.1.1. Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM

En esta norma establece los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua con el objetivo de reglamentar el nivel de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Estos Estándares son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas.

Para la presente investigación se hará uso principalmente lo establecido en el anexo 1. Estándares Nacionales de calidad ambiental para el agua. Categoría 1: Poblacional y Recreacional. Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable. A2: Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional. Los valores exigidos son los siguientes:

- pH : 5.5 – 9.0
- Turbiedad UNT : 100
- Coliformes totales (NMP/100 mL) a 35°C : 3000
- Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) a 44,5°C : 2000
- Escherichia coli (NMP/100 mL) a 44,5°C : 0

3.1.2. D.S. N° 015-2015-MINAM Modificatoria del D.S. N° 002-2008-MINAM

Esta norma modifica los parámetros y valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua aprobados por Decreto Supremo N°002-2008-MINAM.

Los valores exigidos son los siguientes:

- pH : 5.5 – 9.0
- Turbiedad UNT : 100
- Coliformes totales (NMP/100 mL) a 35°C : 5000
- Coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) a 44,5°C : 2000
- *Escherichia coli* (NMP/100 mL) a 44,5°C : 0

3.1.3. D.S. N° 031-2010-SA. Reglamento de la calidad del agua para consumo humano.

El presente Reglamento establece las disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población. El presente Reglamento se enmarca dentro de la política nacional de salud y los principios establecidos en la Ley N° 26842 - Ley General de Salud. La gestión de la calidad del agua para consumo humano garantiza su inocuidad.

Los valores máximos exigidos por esta norma son los siguientes:

- pH : 6.5 – 8.5
- Turbiedad UNT : 5
- Coliformes totales (UFC/100 mL) a 35°C : 0
- Coliformes termotolerantes (UFC/100 mL) a 44,5°C : 0
- *Escherichia coli* (UFC/100 mL) a 44,5°C : 0

Se pueden mencionar al respecto los siguientes artículos relacionados con el presente trabajo de investigación:

Art. 59.- Agua para Consumo Humano

Es toda agua inocua para la salud que cumple los requisitos de calidad establecidas en el presente reglamento.

Art. 60.- Parámetros microbiológicos y otros organismos

Toda agua destinada para consumo humano, como se indica en el anexo, debe estar exenta de:

- ✓ Bacterias Coliformes totales, termotolerantes y *Escherichia coli*.

- ✓ Virus;
- ✓ Huevos y larvas de helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos;
- ✓ Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos y nematodos en todos sus estadios evolutivos; y
- ✓ Para el caso de bacterias heterotróficas menos de 500 UFC/mL a 35°C.

Art. 61.- Parámetros de calidad Organoléptica

El noventa por ciento (90%) de las muestras tomadas en la red de distribución en cada de monitoreo establecido en el plan de control, correspondiente a los parámetros químicos que afectan la calidad estética y organoléptica del agua para consumo humano, no deben exceder las concentraciones o valores señalados en el anexo del presente reglamento. Del diez por ciento restantes (10%), el proveedor evaluará las causas que originó el incumplimiento y tomará medidas para cumplir con los valores establecidos en el presente reglamento.

Art. 62.- Parámetros inorgánicos y orgánicos

Toda agua destinada para el consumo humano, no deberá exceder los límites máximos permisibles para los parámetros inorgánicos y orgánicos señalados en el anexo del presente reglamento.

Art. 63.- Parámetros de control obligatorio

Son parámetros de control obligatorio para todos los proveedores de agua, los siguientes:

- ✓ Coliformes totales
- ✓ Coliformes termotolerantes
- ✓ Color
- ✓ Turbiedad
- ✓ Residual de desinfectante y
- ✓ pH

En caso de resultar positiva la prueba de Coliformes termotolerantes, el proveedor debe realizar el análisis de bacterias *Escherichia coli*, como prueba confirmativa de la contaminación fecal.

Art. 67.- Control por contaminación microbiológica

Si en una muestra tomada en la red de distribución se detecta la presencia de bacterias totales/o Coliformes termotolerantes, el proveedor investigara inmediatamente las causas para tomar las medidas correctivas, a fin de eliminar todo riesgo sanitario y garantizar que el agua en ese punto tenga no menos de 0,5 mg/L de cloro residual libre. Complementariamente se debe recolectar muestras diarias en el punto donde se detectó el

problema, hasta que por lo menos en dos muestras consecutivas no se presenten bacterias Coliformes totales ni termotolerantes.

Art. 68.- Control de parámetros químicos

Cuando se detecte la presencia de uno o más parámetros químicos que supere el límite máximo permisible (LMP), en una muestra tomada en la salida de la planta de tratamiento, fuentes subterráneas, reservorios o en la red de distribución, el proveedor efectuará un nuevo muestreo y corroborarse el resultado del primer muestreo investigará las causas para adoptar las medidas correctivas, e inmediatamente comunicará a la Autoridad de Salud de la jurisdicción, bajo responsabilidad, a fin de establecer medidas sanitarias para proteger la salud de los consumidores y otras que se requieran en coordinación con otras instituciones del sector.

Art. 69.- Tratamiento de agua cruda

El proveedor suministrará agua para consumo humano previo tratamiento del agua cruda. El tratamiento se realizará de acuerdo a la calidad del agua cruda, en caso que esta provenga de una fuente subterránea y cumpla los límites máximos permisibles (LMP), señalados en el anexo del presente reglamento, deberá ser desinfectada previo al suministro de los consumidores.

Art. 70.- Sistema de Tratamiento de agua

El Ministerio de Salud a través de la Dirección General de Salud (DIGESA) emitirá la norma sanitaria que regula las condiciones que debe presentar un sistema de tratamiento de agua para consumo humano en concordancia con las normas técnicas de diseño del Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS), tanto para el ámbito urbano como para el ámbito rural.

Art. 71.- Muestreo, frecuencia y análisis de parámetros

La frecuencia de muestreo, el número de muestras y los métodos analíticos correspondientes para cada parámetro normado en el presente Reglamento, serán establecidos mediante Resolución Ministerial del Ministerio de Salud, la misma que estará sustentada en un informe técnico emitido por DIGESA.

Art. 72.- Pruebas Analíticas Confiables

Las pruebas analíticas deben realizarse en laboratorios que tengan como responsables de los análisis a profesionales colegiados habilitados de ciencias e ingeniería, además de contar con métodos, procedimientos y técnicas debidamente confiables y basadas en métodos, procedimientos y

técnicas debidamente confiables y basadas en métodos normalizados para el análisis de agua de consumo humano de reconocimiento internacional en donde aseguren que los límites de detección del método para cada parámetro a analizar estén por debajo de los límites máximos permisibles señalados en el presente reglamento.

Art. 74.- Revisión de los Requisitos de Calidad del agua

Los requisitos de calidad del agua para consumo humano establecidos por el presente reglamento se someterán a revisión por la Autoridad de Salud de nivel nacional cada cinco (5) años.

Art. 75.- Excepción para LMP de parámetros químicos asociados a la calidad estética y organoléptica.

Los proveedores podrán solicitar temporalmente a la autoridad de salud la excepción del cumplimiento de los valores límites máximos permisibles de parámetros químicos asociados a la calidad estética y organoléptica. Dicha solicitud deberá estar acompañada de un estudio técnico que sustente que la salud de la población no está en riesgo por el consumo del agua suministrada y que la característica organoléptica es de aceptación por el consumidor.

3.2. Antecedentes de la Investigación

Existen múltiples experiencias a nivel mundial en el uso de filtros lentos de arena (filtros caseros). En Belice, después del huracán Mitch se distribuyeron 1250 filtros fabricados con materiales comunes por maestros previamente capacitados y acompañados de una campaña masiva de tipo educativo que fomenten el uso del filtro para el tratamiento de agua de consumo humano.

En Panamá con el apoyo de la Organización Panamericana de la Salud se distribuyeron filtros caseros en 25 comunidades rurales que no contaban con abastecimiento de agua potable, por su bajo costo es muy ventajoso comparado con la construcción de un sistema completo de abastecimiento de agua. Actualmente debido a su alta utilización en la salud pública, las empresas de producción de esta tecnología venden filtros caseros con éxito a través del internet a comunidades rurales de América Latina especialmente en Argentina y México.

En Cali, comunidad La Sirena, se ha realizado un estudio del uso del filtro de arena y en el cual se concluyó que se obtuvo un impacto económico positivo al disminuir el tiempo que llevaba en acarrear agua desde fuentes de agua potable, además los casos de cólera fueron nulos durante la epidemia de 1991 que afectó a esta zona.

Así mismo se pueden mencionar las experiencias del estudio sobre el impacto de los filtros caseros desarrollados en Guatemala durante la década de

1980 por el Instituto de Nutrición para Centroamérica y Panamá (INCAP) en el cual se valida la utilización de arcilla y aserrín para la fabricación de filtros caseros y en el cual se concluye que esta tecnología es una importante alternativa para la desinfección de agua de consumo e incidir en la disminución de enfermedades diarreicas y desnutrición.

3.2.1. Antecedentes Nacionales

En la Universidad Nacional Jorge Basadre de Tacna, Chura Edgar y Ardiles Raúl (2012) realizaron un estudio de “Propuesta de una Pequeña Planta de Tratamiento de Agua Potable en el medio rural de Tacna” en dicho trabajo proponen el diseño, construcción y operación de una pequeña planta para tratar 1,50 L/s y una capacidad de almacenamiento de 15 m³. ; la cual se ubicara en los distritos de Pachia y Calana en el valle de Tacna. La planta consta de un desarenador, un floculador, un sedimentador y un filtro lento de arena y tanque de almacenamiento.

En la comunidad rural de Kuychiro, Cuzco (2009), se ha implementado filtros de arena a tanto nivel domiciliario y nivel de planta de tratamiento como sistema alternativo para la purificación de agua para consumo humano por tratarse de métodos sencillos y de bajo costo y muy eficaces en la remoción de microorganismos patógenos. Se han obtenido eficiencia de remoción por encima del 66%.

3.2.2. Antecedentes Internacionales

Cairncross y Freachem, (1993) y White et al, (2011), informaron que los agentes más importantes que contaminan el agua y los alimentos son biológicos y no químicos. Se originan principalmente en las heces humanas o animales y pueden ser bacterias, virus, protozoarios o helmintos.

Álvarez, Núñez y Mecerreyes (2006) afirman que es primordial tener cubiertas cinco dimensiones que se consideran fundamentales para determinar el grado de precariedad de un asentamiento humano y las cuales están directamente relacionadas al bienestar y salud del núcleo familiar.

En el año 2005 en México el Instituto Tecnológico de Villahermosa desarrolla la Investigación “Potabilizadora de aguas rurales, una alternativa de solución para mejorar la calidad de agua para consumo humano en Tabasco” llegando a comprobar que el análisis fisicoquímico de turbiedad, y alcalinidad tratada por la planta está dentro de los valores exigidos por la Norma Oficial Mexicana y el análisis de color y cloro no está dentro de los parámetros de dicha norma. Así mismo el análisis microbiológico de cólera, Coliformes totales están dentro de los parámetros de la Norma Oficial Mexicana.

Se considera que un hogar tiene acceso al suministro de agua potable si dispone al menos de 20 litros de agua por persona y por día, a un precio inferior al 10% del total de los ingresos al hogar. El agua debe ser suministrada a una distancia que al medirse temporalmente se situé a menos de una hora a pie, sin que haya necesidad de someterse a un esfuerzo extremo, especialmente para mujeres y niños.

3.3. Fundamento Teórico

3.3.1. Agua Potable

Según Wikipedia denomina agua potable o agua para el consumo humano al agua que puede ser consumida sin restricción para beber o preparar alimentos.

ABC define agua potable al agua dulce que tras sometida a un proceso de potabilización se convierte en agua potable, quedando así lista para el consumo humano como consecuencia del equilibrado valor que le imprimirán sus minerales, de esta manera, el agua de este tipo podrá ser consumida sin ningún tipo de restricciones.

3.3.2. Calidad del agua

El agua pura en el estricto uso de la palabra no existe como tal en la naturaleza. Esta se encuentra mezclada con un sin número de elementos y compuestos químicos, lo cual le imprimen una característica y calidad particular. La calidad del agua influenciará en el grado y tipo de tratamiento que se le haga, el cual dependerá a su vez del uso que se le dará. Por ejemplo, el agua destinada al consumo humano, agua potable, no debe tener ni olor ni sabor desagradables, cualidad que no es importante si el agua va a ser utilizada para enfriamiento u otros usos. Por lo tanto, el concepto de impurezas también es relativo.

La calidad del agua se determina basándose en análisis físicos, químicos y bacteriológicos, sobre muestras adecuadamente tomadas y mantenidas, que debe ser complementada siempre con inspección de campo. La ingestión diaria de organismos o sustancias disueltas o suspendidas en el agua de bebida se encuentra multiplicando el número de impurezas, o la concentración de las mismas en un litro por el número de litros ingeridos.

En el caso del flúor, por ejemplo, un agua que tenga una concentración de 2 mg/L de fluoruro, una persona que consuma un promedio de dos litros, ingerirá diariamente 4 mg de flúor. A esta ingestión debe añadirse la proveniente de otras fuentes, particularmente alimentos y el aire. Como se sabe, una dosis óptima de este compuesto es beneficiosa para prevenir la

caries dental, sin embargo, una ingestión excesiva podría traer como consecuencia manchas dentales o una fluorosis que dañe los huesos.

El consumidor depende principalmente de sus sentidos para evaluar la calidad del agua que bebe. Los componentes del agua pueden influir en la apariencia, el olor o el sabor de esta y el consumidor se basa en esos criterios para estimar su calidad y aceptabilidad. Él considerará peligrosa y rechazará el agua muy turbia, de un color acentuado o de sabor u olor desagradable. Es pues, esencial mantener una calidad aceptable para el consumidor (Blacio y Palacios, 2011).

Tabla 6.

Clasificación de los contaminantes presentes en el agua

Físicos	Químicos Gaseosos		Biológicos
Color	Materia orgánica	Anhídrido carbónico	Bacterias
Olor y sabor	Acidez /alcalinidad	Metano	Hongos
Grasas y aceites	pH	Ácido sulfhídrico	Protozoos
Espumas	Nitrógeno		Algas
Radiactividad	Fósforo		Animales
Temperatura	Salinidad		Plantas
Sólidos disueltos	Metales pesados		Virus
Sólidos en suspensión	Detergentes		
	Compuestos tóxicos		
	Pesticidas		

Fuente: Funiber (2011)

El consumidor depende principalmente de sus sentidos para evaluar la calidad del agua que bebe. Los componentes del agua pueden influir en la apariencia, el olor o el sabor de esta y el consumidor se basa en esos criterios para estimar su calidad y aceptabilidad. Él considerará peligrosa y rechazará el agua muy turbia, de un color acentuado o de sabor u olor desagradable. Es pues, esencial mantener una calidad aceptable para el consumidor. El agua es fundamental para la vida y para mantener una buena salud. Si pierdes agua pierdes energía, por tanto, hay un trastorno en tu organismo.

La contaminación del agua puede causar distintos efectos en la salud de las personas (Casero ,2008).

El agua desempeña las siguientes funciones:

- Es el medio en el cual se diluyen los líquidos corporales (sangre, secreción digestiva, orina, etc.)
- Hace de transporte para los nutrientes a las células, así como a los productos de desecho.
- Facilita la digestión al diluir los nutrientes de los alimentos.
- Regula la temperatura corporal
- Lubrica nuestras articulaciones.
- Mejora el funcionamiento de los riñones.
- Contribuye de forma decisiva a dar estructura y forma al cuerpo, así mismo mantiene la piel tersa y joven.

El agua potable de buena calidad es muy importante para la salud de los niños y adultos y también para el bienestar de la comunidad. En un agua cruda bacterias y parásitos pueden entrar en el cuerpo humano y producir diferentes enfermedades, por ejemplo, la diarrea. Un niño con diarrea no puede desarrollarse normalmente. Presentan menor estatura y peso para su edad. Los niños con esta enfermedad no pueden aprender bien en la escuela como los niños que presentan buena salud. Igual pasa con los adultos, estos no pueden trabajar bien en las chacras como los adultos con buena salud. Entonces la comunidad no alcanza el desarrollo esperado.

En las zonas rurales mayormente captan el agua para consumo humano de los ríos y/o lagunas. Sin embargo, no existe un registro de caudal en relación a la época del año. Siendo los meses de octubre a marzo de estiaje, por eso necesario que durante esta temporada crítica se efectúen los aforos con la finalidad de conocer los caudales máximos y mínimos. Debe tomarse en cuenta que el caudal mínimo debe ser mayor que el consumo máximo diario, con la finalidad de mantener el abastecimiento futuro de agua de la población; caso contrario se buscaran nuevas fuentes de agua cruda (Lossio Aricoche ,2012).

Existen varios métodos para determinar el caudal de agua, siendo el más utilizado en zonas rurales el método volumétrico específicamente para caudales máximos de 10 L/s. El agua es una necesidad primordial, la influencia del agua sobre la vida es muy grande, sin embargo, puede ser portadora de vida o muerte. La disponibilidad del agua hace posible crear un medio ambiente higiénico que evita o limita la propagación de muchas enfermedades. Se da un incremento en la calidad de vida de la población, reduciendo horas perdidas por tratar diversas enfermedades, lo que permite un aumento de horas de trabajo y un aumento en la producción (Arboleda; 2000.)

Un estudio del Banco Mundial, señala que “si no existen otras diferencias, el hecho de que una población cuente con mejores condiciones de salud que otra estará generalmente asociado a un sistema de abastecimiento de agua seguro y adecuado. Esto se ha demostrado en las áreas urbanas y rurales”. Según Halfdan Mahler, ex director general de la OMS (Organización Mundial de la Salud), “El número de grifos o llaves de agua por mil personas es un mejor indicador de la salud que el número de camas de hospital”.

A pesar que la provisión de un grifo de agua, o de alguna instalación de lavado similar, mejora la situación de salubridad del usuario, no existe evidencia convincente de que una vez que cada familia cuenta con un grifo de agua, nuevas mejoras en el abastecimiento de agua beneficiarán apreciablemente su salud (Serie documentos técnicos, CEPIS, N° 18. Sistema de Abastecimiento de Agua para Pequeñas Comunidades).

Es importante hacer notar, que algunas veces, en el sector rural del país, el abastecimiento de agua pone en riesgo la salud, especialmente si no se le da un buen mantenimiento. Fue un abastecimiento público de agua, que propago la epidemia del cólera en Hamburgo en 1892.

3.3.2.1. Enfermedades relacionadas con el agua

La lista de enfermedades relacionadas con el agua es larga. Estas enfermedades se encuentran entre las principales causas de muerte. Se ha estimado que no menos del 80% de todas las enfermedades en el mundo se asocian con agua no potable o de mala calidad.

Las enfermedades atacan con mayor rigor en los pobres y especialmente a los niños. La OMS estima que cada año se presentan 500 millones de casos de diarrea en niños menores de 5 años en Asia, África y América Latina. Entre el 3 y 4% de estos casos terminan en muerte, estas enfermedades son el resultado particularmente de inadecuados sistemas de abastecimiento de agua y disposición de excretas, a lo que se suma la pobreza, el desconocimiento, y la desnutrición de la población.

La mejora de la salud a través del abastecimiento de agua no se limita a aquellas enfermedades que se transmiten a través de la ingestión de agua por medio de comidas y bebidas. Un suministro adecuado de agua para el baño, el lavado de ropa y de utensilios de cocina, la preparación de alimentos y otros usos higiénicos también tienen efectos significativos sobre enfermedades de los ojos y la piel,

las enfermedades transmitidas por parásitos, las enfermedades contraídas por ingesta de alimentos y otras son controlables mediante el lavado de manos.

Un sistema de abastecimiento de agua confiable, y un sistema de saneamiento adecuado, constituyen un aporte importante en lograr un ambiente saludable y productivo. Sin embargo, no son suficientes por sí mismos para asegurarlo. Debe acompañarse de un uso apropiado de ellos, lo que requiere educación e higiene. Así también una nutrición adecuada de la población, saneamiento de los alimentos, vivienda y seguridad (Arboleda, 2000).

Enfermedades Microbiológicas

Son aquellas en las que un porcentaje significativo de la enfermedad, es producida por la ingestión de organismos patógenos que se encuentran en el agua, y que ingresan al cuerpo en una dosis suficiente para infectar a la persona. Muchas de estas enfermedades se transmiten a través de otros medios, por ejemplo, de las manos a la boca o mediante alimentos contaminados, de este modo, no todas las tifoideas se transmiten a través del agua.

Muchas de estas enfermedades se transmiten por vía fecal – oral. Las fuentes de agua son contaminadas por excretas humanas evacuadas por una persona infectada. Estas enfermedades se manifiestan en el tracto intestinal, es decir son enfermedades entéricas. El síndrome más frecuente es la diarrea. Aquí se encuentran las enfermedades clásicas, especialmente el cólera y la tifoidea y otras como la hepatitis infecciosa, la disentería bacilar (shigelosis), disentería amebica (amebiasis) y salmonelosis. Los animales también transmiten enfermedades relacionadas con el agua. La leptospirosis puede transmitirse por vía de agua contaminada por la orina de ratas infectadas (Arboleda, 2000).

Enfermedades Químicas

Estas son enfermedades asociadas con la ingestión de agua que contiene sustancias tóxicas en concentraciones altas. Estas sustancias pueden ser de origen natural o artificial. No es común que el daño sea agudo, sino que normalmente se manifiesta luego de una ingestión a largo plazo de bajas concentraciones. El incremento de productos químicos orgánicos que llegan a los abastecimientos de agua, producto de las actividades agropecuarias, han generado una creciente preocupación en cuanto a su potencial cancerígeno en el agua potable. Se han encontrado compuestos cancerígenos en

sistemas de abastecimiento de agua potable a bajas concentraciones. Uno de ellos es el cloroformo y los trihalometanos (Martin G.,2011).

Enfermedades relacionadas con la higiene y el agua

Las enfermedades relacionadas con la higiene y el agua son aquellas cuya incidencia, prevalencia o gravedad puede reducirse usando regularmente agua en cantidad suficiente para mejorar la higiene doméstica.

Se pueden distinguir tres clases de enfermedades:

a) Infecciones de las vías intestinales (enfermedades entéricas)

Como las de tipo diarreico, tifoidea, disentería bacilar y otras enfermedades indicadas como transmitidas por el agua. Naturalmente cualquier enfermedad transmitida por un organismo patógeno transmitida por vía acuática o través de vía fecal-oral. Estudios realizados han mostrado (CEPIS. Documento Técnico N° 15), que muchas de las enfermedades diarreicas disminuyen con la disponibilidad de agua en cantidad y volumen que utilizan. En algunas comunidades, las enfermedades diarreicas a pesar de ser potencialmente transmitidas por el agua eran de hecho eliminadas por lavados con agua y eran transmitidas por diversas vías fecales orales que no incluían el agua como ruta de transmisión.

b) Enfermedades de la superficie corporal, oculares y cutáneas.

La sarna en la piel, la infección ocular, y otras enfermedades tienen una directa relación con una higiene deficiente. Por lo tanto, se reducirá las mismas con un mejor acceso al agua potable en volumen y calidad para el aseo personal.

c) Enfermedades infecciosas transmitidas por insectos y parásitos.

Estos se posan en la piel, especialmente los piojos, y que pueden reducirse a través de una mejor higiene personal. Los ácaros pueden producir sarna y otros producen asma. Los piojos causan dos infecciones: el tifus epidémico y la fiebre recurrente. Las enfermedades de la piel representan un problema considerable en la mayoría de los países en desarrollo, constituyendo un principal problema de salud.

Estas enfermedades pueden describirse como susceptibles de ser eliminadas mediante el lavado con agua, dependiendo de la cantidad de agua que se emplee. Sin embargo, la realidad aconseja contar con una cantidad de agua suficiente y de buena calidad para lavarse las manos, bañarse, lavar la ropa y utensilios de la cocina y vajilla (CEPIS, serie de documentos técnicos N° 15).

3.3.2.2. Principales características del agua

De las características que posea el agua, permitirán llamarla de “buena calidad”.

En el siglo XVIII, los requisitos elementales que debería tener el agua para ser potable eran dos: que fuera atractiva a la vista y suficiente fría para refrescar. En 1829, el agua de Londres fue filtrada solo con la finalidad de clarificarla, ya que para ese entonces se ignoraba la presencia de microorganismos patógenos (Agua su calidad y tratamiento, AWWA, 1968). Recién en 1904, la carga bacteriana paso a tener mayor importancia y el análisis químico ya no se consideró suficiente para determinar su calidad.

3.3.2.3. Características Físicas

a) Color.

El color del agua se debe a la existencia de sustancias disueltas en el agua, que en la mayoría de los casos es de materia orgánica, relacionadas con el humus del suelo. El color también puede ser consecuencia de la contaminación de la fuente de agua por efluentes industriales. Se ha comprobado que la aplicación de cloro como desinfectante en aguas coloreadas, puede dar origen a la formación de trihalometanos, que son compuestos que tienen efectos cancerígenos en animales.

b) Turbiedad.

La turbiedad se debe a la presencia de partículas en suspensión (generalmente arcilla finamente dividida). Al incidir un haz de luz sobre agua turbia, este es diseminado en todas las direcciones en cantidades directamente proporcionales a la concentración de las partículas, dependiendo de su tamaño, a la medición de este fenómeno óptico se le denomina turbiedad.

Generalmente, la apariencia del agua con una turbiedad inferior a 5 unidades nefelométricas es aceptable para su consumo, aunque esto puede variar según las circunstancias locales. No obstante, se

recomienda que la turbiedad se mantenga lo más baja posible, debido a sus efectos microbiológicos.

c) Temperatura

El agua fría es generalmente más agradable que el agua caliente. El incremento de temperatura del agua facilita la proliferación de microorganismos y pueden influir negativamente en el sabor, olor y color del agua.

d) Olor y Sabor

Constituyen las primeras causas para la aceptación o rechazo del agua. La mayoría de sustancias productoras de olores desagradables en el agua son de origen orgánico ya sea por microorganismos acuáticos y algas. El olor y sabor pueden aparecer también durante el almacenamiento y la distribución del agua potable, debido a algún tipo de contaminación.

3.3.2.4. Características Químicas

Las características químicas del agua son debido a la presencia de sustancias disueltas, y son determinadas mediante análisis químico.

Son de gran importancia teniendo en cuenta las consecuencias sobre la salud de los consumidores. Además, la presencia de ciertos compuestos como cloruros, nitritos, nitratos o la concentración de oxígeno disuelto, son indicadores de contaminación reciente o remota. A continuación, se resume las principales características químicas del agua.

a) pH

Se define como la concentración de iones H^+ (protonio) en el agua. Matemáticamente es el logaritmo negativo de la concentración de iones de hidrogeno.

$$pH = -\log(H^+)$$

El pH no tiene ningún efecto sobre la salud, pero su valor puede afectar los procesos de tratamiento del agua. Así, para que la desinfección con cloro sea efectiva, es conveniente que el pH sea menor a 8.

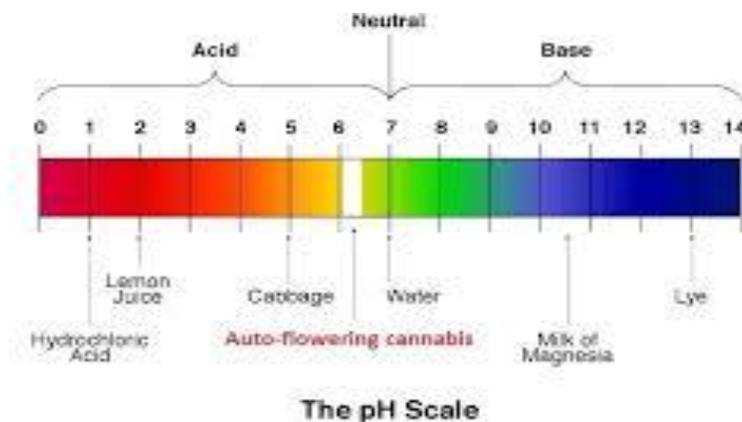


Figura 4.

Fuente: Escala pH. <https://www.google.com.pe/>

El pH óptimo varía según la composición del agua y el tipo de materiales utilizados en el sistema de distribución, pero lo ideal sería entre 6.5 y 8.

b) Dureza

Se define como la suma de los cationes polivalentes de las sales de calcio y magnesio., expresados como la cantidad equivalente de carbonato de calcio (CaCO_3). La dureza está relacionada a parámetros como el pH y la alcalinidad y dependiendo de ellos pueden formar depósitos o incrustaciones en las tuberías hasta obstruirlas completamente. Este fenómeno es peligroso particularmente en las tuberías de las calderas, debido a sus altas temperaturas que favorece la formación de sedimentos. Las aguas duras consumen más jabón y detergente durante el lavado al impedir la formación de espuma, por lo tanto, limita el uso doméstico.

Tabla 7.

Índices de dureza del agua

Denominación	ppm de CaCO_3
Muy suaves	0 -15
Suaves	16 – 75
Medias	76 - 150
Duras	150 -300
Muy duras	Mayor a 300

Fuente: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/leip/valenzuela_m_td/capitulo3.pdf

En general puede considerarse un agua blanda cuando contiene menos de 100 mg/L como CaCO_3 , medianamente dura entre 100 y 200 mg/L y dura cuando tiene entre 200 y 300 mg/L.

Existe dos tipos de dureza: La dureza temporal producida por hidróxidos, carbonatos, bicarbonatos de calcio y magnesio. Se caracteriza porque se elimina por ebullición, produce incrustaciones suaves, es fácilmente removible por medios mecánicos o químicos. La dureza permanente está formada por sulfatos, cloruros y nitratos de calcio y magnesio. No se elimina por ebullición, al vaporizarse produce incrustaciones que son difíciles de remover.

c) Alcalinidad

Se considera como la capacidad del agua para neutralizar ácidos. Por lo general está presente en aguas naturales como equilibrio de carbonatos y bicarbonatos con el ácido carbónico.

Tabla 8.

Rango de alcalinidad del agua.

RANGO	ALCALINIDAD (mg/L CaCO_3)
BAJA	< 75
MEDIA	75 - 150
ALTA	>150

Rangos de alcalinidad

Fuente: <https://www.google.com.pe/search>

La alcalinidad es importante en el tratamiento del agua por que reacciona con coagulantes hidrolizantes, influyendo en el proceso de coagulación. Tiene incidencia en el carácter corrosivo o incrustante que puede tener el agua y en concentraciones altas puede tener efectos sobre el sabor del agua.

d) Cloruros

Como cloruro de sodio, NaCl , compuesto diario de alimentación humana. Por regla general las aguas superficiales no contienen cloruros que puedan afectar el sabor del agua (250 mg/L, como Cl^-) excepto si provienen de terrenos salinos o acuíferos de influencia marina.

Tabla 9.
Concentración de cloruros según tipo de agua.

Tipo de agua	Mg/L
Aguas subterráneas	10 -20
Ríos (normalmente)	10 -30
Agua de mar	18,000 – 19,000
Potable	25

Fuente: <https://www.google.com.pe/search>

e) Fluoruros

Se acepta una concentración de flúor en el rango de 0,8 a 1,2 mg/L, esto resulta benéfico para los niños que están desarrollando el esmalte dental. Si el contenido excede estos límites los dientes pueden adquirir manchas permanentes y otras formas indeseables en la estructura ósea.

f) Hierro

La presencia de hierro en el agua no tiene efectos sobre la salud, pero afecta el sabor; cuando la concentración es inferior a 0,3 mg/L el sabor suele no ser perceptible. A concentraciones mayores produce manchas sobre los sanitarios y la ropa lavada.

Se presenta en forma ferrosa especialmente en aguas subterráneas sin que el agua se muestre turbia o de color rojizo. Sin embargo al quedar expuesta a la atmosfera el hierro ferroso se oxida, transformándose en hierro férrico y da al agua un color rojizo marrón desagradable.

g) Nitratos

La presencia por nitratos resulta de la contaminación de aguas residuales y de la agricultura. Una concentración mayor de 10 mg/L de nitratos (como N) produce en los niños recién nacidos una enfermedad conocida *metahemoglobinemia*, raramente se produce en niños mayores de tres meses, peor en adultos.

Los nitritos tienen mayor efecto nocivo que los nitratos, pero generalmente en las aguas naturales no se presentan niveles mayores

a 1 mg/L y la oxidación con cloro los convierte en nitratos, el problema desaparece.

h) Oxígeno disuelto

Ausencia o niveles bajos de oxígeno es un indicador de contaminación orgánica o actividad bacteriana intensa, por eso se le considera un indicador de contaminación.

i) Plomo

En aguas naturales la concentración de plomo varía desde trazas hasta 0,05 mg/L. La presencia de plomo puede ocasionar intoxicaciones agudas o crónicas. La remoción de plomo por floculación puede llegar hasta el 98%.

j) Sulfatos

En general las aguas naturales no contienen elevadas concentraciones de sulfatos. Las mayores concentraciones se dan en aguas subterráneas. En cantidades apreciable influyen en el sabor y actúan como laxantes.

3.3.2.5. Características Biológicas

Principalmente las aguas superficiales arrastran consigo diversos microorganismos de vida libre, así como otros que son típicos del tracto intestinal de animales de sangre caliente (Ref. Hidráulica en plantas de tratamiento, rocha). Su presencia es detectable por análisis bacteriológico.

Algunos microorganismos como ciertas bacterias, virus, protozoarios son patógenos elementos o medios que producen enfermedades y por tanto son indeseables.

Los organismos patógenos aparecen en el agua en un número bajo y en forma intermitida, por otro lado, su alimentación e identificación exige personal especializado, el ensayo es demorado (promedio de 6 días, podrán ser detectado después de que la población haya ingerido agua contaminada) y de costo elevado (Mendoza), por lo que se utilizan ciertas bacterias que sirven de indicadores de contaminación.

Una bacteria indicadora debe poseer las siguientes características:

- Ser un componente normal de la flora intestinal de individuos.
- Ser de origen exclusivamente fecal.
- Estar ausente en el medio ambiente o en animales

- Estar presente siempre que microorganismos patógenos intestinales estuvieren presente.
- No reproducirse fuera del intestino.
- Tener una tasa de muerte igual o levemente menor que los patógenos intestinales
- Fáciles de detectar y cuantificar, y
- No ser patógenos.

Entre los principales grupos de bacterias que cumplen algunas de estas características están:

- Coliformes (totales y fecales)
- *Streptococos* fecales

Normalmente se estudia la presencia de Coliformes que sirven de “indicadores” del grado de contaminación bacteriológica del agua. Las bacterias Coliformes, que han venido siendo utilizados como indicadores de contaminación fecal, están presentes en el intestino del hombre y animales de sangre caliente, y son eliminados en un gran número (10⁶ y 10⁷ por gramos de heces).

Hay dos grupos de Coliformes:

a) **Coliformes totales**

El grupo Coliformes total se define como todos los bacilos anaerobios facultativos, gram-negativos, no formadoras de esporas, que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas en 48 horas de incubación a 35 ±0.2°C (Henry y Heinke, 1999).

Tabla 10.
Clasificación de Coliformes Totales

Nº de Coliformes totales	Observación
En 100 mL de agua (UFC)	
0,0	Cumple las normas OMS
1,0 – 10,0	Riesgo baja para la salud
10,0 – 100,0	Riesgo intermedio
100,0 – 1,000,0	Riesgo alto
Mayor a 1,000	Riesgo muy alto

Fuente: (WHO 1997)

b) Coliformes fecales

Se llaman bacterias Coliformes termotolerantes y son bacterias que tienen las mismas propiedades de las Coliformes totales. La bacteria que representa este grupo es la *Escherichia coli* (Cortes-Lara 2003).

Idealmente el agua potable no debe contener microorganismos considerados patógenos. De igual manera, debe estar libre de bacterias indicadoras de contaminación fecal. Para asegurarse de que un abastecimiento de agua potable satisfaga. Es importante que de manera regular se examinen muestras para detectar indicadores de contaminación fecal. El primer indicador bacteriano que se recomienda para este propósito es el grupo de organismos Coliformes en su conjunto (Cortes-Lara 2003).

Aunque considerados como grupo estos organismos no son exclusivamente de origen fecal, ellos están siempre presentes en gran número en las heces del hombre y de otros animales de sangre caliente (Cortes-Lara 2003). Las bacterias del grupo Coliformes no son, normalmente, patógenas, pero están presentes en grandes cantidades en el intestino de los seres humanos y en consecuencia en la materia fecal. Se calcula que un ser humano adulto elimina de 50 a 400 billones de esas bacterias en cada evacuación. Su existencia permite detectar heces en el agua en concentraciones extremadamente diluidas, que son difíciles de detectar por los métodos químicos normales (Cortes-Lara 2003).

De esa forma, la existencia de estas bacterias en el agua nos sugiere que esa agua recibió excrementos o aguas fecales (Cortes-Lara 2003).

Por otra parte, son los excrementos de las personas enfermas que llevan al agua o para el suelo, los microbios que causan enfermedades. Por lo tanto, si el agua recibe excrementos, ella puede, también, estar recibiendo microbios patógenos. La detección de organismos Coliformes fecales (termorresistentes), en particular de *Escherichia coli*, brinda una evidencia definitiva de contaminación fecal (Cortes-Lara 2003).

En los animales de sangre caliente, el 90% de los Coliformes totales presentes en las heces son *E. Coli*, por tanto, los Coliformes fecales están incluidos en el subgrupo de los Coliformes totales.

c) Escherichia coli (E. Coli)

Escherichia coli es una bacteria que pertenece a la familia Enterobacteriaceae, es un huésped constante del intestino del hombre

y de los animales de sangre caliente, que puede causar infecciones gastrointestinales (APHA *et al.* 1995).

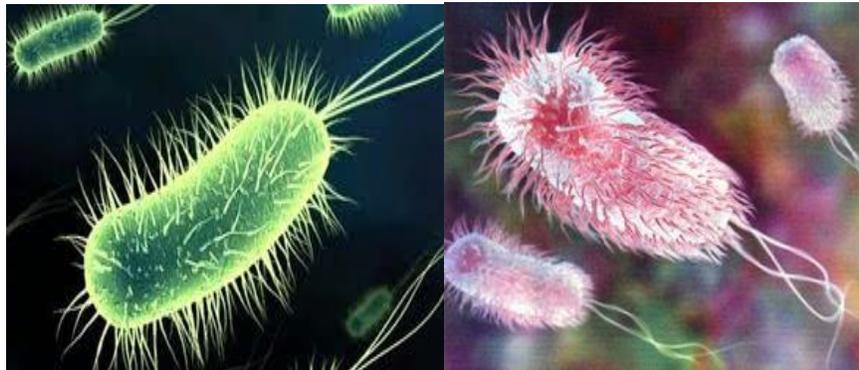


Figura 5.
Escherichia coli al microscopio
Fuente: <https://www.google.com.pe/url>

Por su especificidad, está considerada como un buen índice de contaminación fecal reciente, la cual está relacionada con las descargas de aguas residuales domésticas (OMS, 1995), por lo que su detección implica investigar las fuentes potenciales o el sistema de distribución (WHO, 2001). Se considera el índice de contaminación fecal más adecuado.

El subgrupo de Coliformes fecales está constituido principalmente por E. Coli. Su detección indica con certeza que hubo contaminación fecal proveniente de heces humanas, de animales de sangre caliente o de aguas residuales. Si hubo contaminación fecal es muy probable que bacterias patógenas intestinales estén presentes y, cuanto mayor es el número de Coliformes fecales, mayor es la probabilidad de encontrar bacterias patógenas en esa agua.

3.3.3. Tratamiento del agua

Los métodos tradicionales para el tratamiento de agua en comunidades son las siguientes:

a) **Sedimentación simple**

Este método aclara el agua turbia y sirve a menudo como preparación para la filtración. Se requiere que el agua permanezca o se mueva lentamente en un tanque de sedimentación. Este tanque está hecho generalmente de hormigón, acero, polietileno u otros materiales. No debe tener fugas y es preciso mantenerlo tapado para impedir el crecimiento de algas.

El agua entra en el tanque de sedimentación a través de una entrada cerca de la parte superior de un extremo, es desacelerada por un deflector o agua detenida cerca de la entrada, y sale por un canal en la parte superior del tanque del otro extremo.

El piso del tanque a menudo se construye inclinado para que sea más fácil retirar el lodo sedimentado. El tamaño del tanque dependerá de las necesidades de agua de la comunidad a la que sirve. El agua generalmente se mantiene en el tanque al menos dos días. El agua que sale es clara, pero probablemente necesite desinfectarse para que sea segura su consumo humano.

b) Filtro lento de arena

Por tratarse de método a emplear en la presente investigación se estudiará en un ítem aparte (ver 3.3.4.)

c) Desinfección Química

Los productos químicos pueden ser eficaces para eliminar la mayor parte de los microorganismos que causan enfermedades; sin embargo, no matan todos los agentes patógenos y no son eficaces contra los microorganismos incrustados en partículas sólidas. El cloro es el desinfectante químico más utilizado.

Se agrega una cantidad pequeña de solución de cloro a una previsión de agua y se deja al menos treinta minutos para que actúe contra la contaminación presente. El mismo efecto logra el blanqueador líquido común de lavandería (lejía). El cloro agregado al agua reacciona con las partículas de lodo y materiales inorgánicos, y también con los microorganismos patógenos. La cantidad de cloro necesaria para desinfectar el agua depende de la condición del agua que se está tratando.

La cloración excesiva de mal sabor al agua, pero una cantidad insuficiente de cloro no la desinfecta. La regla es agregar cloro hasta que se note el sabor a cloro. Existen pastillas de cloro que se emplean para desinfectar el agua que están disponibles comercialmente y se emplean en caso de emergencia.

d) Ebullición

La ebullición es la manera más eficaz de desinfectar pequeñas cantidades de agua. Todos los microorganismos patógenos se destruyen en el agua por efecto de la temperatura. Una vez que el agua se hierve debe cubrirse, enfriarse y almacenarse en el mismo recipiente en el cual fue

hervida. Esto impide la recontaminación del agua. Recuerde las manos sucias contaminan nuevamente el agua.

3.3.4. El Filtro lento de Arena

3.3.4.1. Teoría de la filtración lenta de arena

El filtro lento de arena se utiliza principalmente para eliminar la turbiedad del agua, siempre y cuando este maneje unos indicadores medios (< 50 nefelométricas de turbiedad), pero si se diseña y opera apropiadamente, puede ser considerado como un sistema de desinfección de agua.



Figura 6.

Sistema de filtro lento de arena

<https://www.google.com.pe/url>

La filtración lenta de arena (FLA) consiste en un conjunto de procesos físicos y biológicos que destruyen los microorganismos patógenos presentes en el agua no apta para consumo humano. Por esta característica, se puede considerar como una tecnología limpia que purifica el agua sin crear una fuente adicional de contaminación para el ambiente y el consumidor (Arboleda, 2000).

Básicamente un filtro lento consiste 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 (CEPIS, 2011).

3.3.4.2. Descripción de la desinfección mediante filtración lenta

Según (CEPIS, 2011) el filtro lento se caracteriza por ser un sistema sencillo, limpio y a la vez eficiente para el tratamiento de agua. Comparado con el filtro rápido, requiere de áreas más grandes para tratar el mismo caudal y, por lo tanto, tiene mayor costo inicial. Sin embargo, 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 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 en 1974 describieron el método de desinfección por medio de la filtración lenta, como la circulación del agua cruda a baja velocidad a través de un manto porosos 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 cruda que ingresa a la unidad permanece sobre el medio filtrante de 3 a 12 horas, dependiendo de las velocidades de filtración adoptadas. En ese tiempo, 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, los cuales absorben dióxido de carbono, nitratos, fosfatos y otros nutrientes de agua para formar material celular y oxígeno. El oxígeno así formado se disuelve en el agua, entra reacción química con las impurezas orgánicas y hacen que estas 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. Esta capa biológica está formada principalmente por algas y otras numerosas formas de vida, como plancton, diatomeas, protozoarios, rotíferas y bacterias. La acción intensiva de todos estos microorganismos atrapa, digiere y degrada la materia orgánica contenida en el agua. Las algas muertas, en este proceso, 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 de la capa biológica, 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.

3.3.4.3. Elementos de un filtro de arena

En la figura 10 se presentan los componentes básicos que constituye un filtro de arena.

- Reserva de agua: capa de agua que se encuentra en la parte superior sobre la capa de arena fina; su principal función es mantener una cabeza constante de agua sobre el filtro.
- Lodo biológico o *Schmutzdecke* : capa formada por material de origen orgánico que se forma con el tiempo, a través del cual debe pasar el agua antes de llegar a la cama de arena fina. Esta capa está formada principalmente por algas y plankton, protozoarios y bacterias contenidas en el agua cruda.
- Lecho de arena: en este medio se desarrolla la comunidad de microorganismos; además en esta capa es donde se desarrolla la mayor parte del proceso físico de filtración. Esta capa debe estar compuesta por granos duros y duraderos, libres de arcilla y materia orgánica. El diámetro efectivo oscila entre 0,15mm a 0,35 mm.

Usualmente se coloca en la parte inferior del lecho una capa más gruesa de arena que permita una mejor transición entre la capa de grava y la capa de arena.

- Grava de soporte: como lo indica su nombre, soportan la base del lecho de arena. Las piedras que lo conforman deben ser duras y preferiblemente redondas, y deben estar libre de arcilla, suciedad y materia orgánica.
- Sistema de drenaje: asegura la recolección del agua en forma uniforme a través de toda el área de filtración.

3.3.4.4. Requerimientos para su instalación

Para la instalación del filtro de arena se debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- **Características de la población:**

Se deben hacer estudios sociológicos para determinar las costumbres y creencias que pueden afectar la aceptación del sistema,

comprobar la información geográfica y de salud pública. Estudiar las enfermedades de origen hídrico y la presencia de vectores en la zona.

- **Recursos Disponibles:**

Determinar los recursos humanos y materiales de la zona para adecuarlos a la construcción del sistema.

- **Calidad del agua cruda:**

El agua recogida no debe tener altos niveles de turbidez de tal manera que no exceda los 15 NTU, ni altos niveles de color, menor a 20 UPC y Coliformes fecales máximos de 500 UFC. Cuando hay altos niveles de turbidez se requiere instalar un pre tratamiento como la sedimentación.

- **Ubicación del filtro:**

Para garantizar que el filtro opere en forma adecuada, este debe instalarse en un lugar lejos de la luz solar, el viento, la lluvia o los animales, preferentemente dentro de la casa.

3.3.4.5. Ventajas y limitaciones de los filtros

Se presenta las principales ventajas y limitaciones de los filtros:

- **Ventajas**

- En comparación con otras metodologías, es la única operación unitaria que consigue alto grado de remoción en calidad física, química y biológica del agua cruda.
- Simple para construir, operar y mantenimiento, puesto que no requiere habilidades especiales.
- Alta aceptabilidad de los usuarios, ya que es de fácil operación y mejora la apariencia y sabor del agua.
- No requiere de energía, dado que el proceso es llevado por gravedad y no tiene partes mecánicas.
- Ambientalista, ya que no requiere de químicos que puedan contaminar cursos cercanos de agua y los lodos que se obtienen como residuo se pueden utilizar como fertilizante.
- Bajo costo, que puede disminuir aun utilizando técnicas locales y personales propias de la comunidad.

- **Limitaciones**

- Las aguas crudas con alto nivel de turbiedad, mayores a 15 NTU, pueden taponar rápidamente la arena fina de estos filtros.
- El agua con arcillas finas, no es tratada fácilmente.

3.4. Definición de términos básicos

- **Absorción**

El proceso por el cual una sustancia es captada al interior de otra sustancia (normalmente una célula biológica).

- **Adsorción**

El proceso por el cual un gas, vapor, materia disuelta o partículas suspendidas son captados y adheridos en la superficie de otro material tanto por fuerzas físicas y químicas.

- **Agua de superficie**

Termino general para cualquier tipo de agua que se encuentra discurriendo o en reposo en la superficie, tales como los ríos, lagos o embalses.

- **Aireación**

Mezcla vigorosa del agua para disolver oxígeno y desprender el dióxido de carbono. Remover compuestos olorosos y facilitar reacciones oxidativas.

- **Algas**

Pequeñas formas microscópicas de plantas encontradas como células individuales, colonias o como filamentos.

- **Anaerobio**

Un proceso normalmente biológico desarrollado en completa ausencia de oxígeno.

- **Avenida**

Creciente de agua.

- **Carbón activo**

Hecho de materiales como carbón mineral o cascara de coco, tiene una estructura con una alta porosidad la cual permite adsorber materia orgánica disuelta y ciertos gases disueltos en agua.

- **Cloración**

El uso de cloro gas o disoluciones de cloro usado para desinfectar el agua de consumo.

- **Coliformes**

Un grupo de bacterias que se encuentran en grandes cantidades en las heces, utilizadas como organismos indicadores de microbios patógenos en el agua.

- **Desinfección**

Reducción de la contaminación microbiana del agua.

- **Estiaje**

Es el nivel de caudal mínimo que alcanza un río o laguna en algunas épocas del año, debido principalmente a la sequía.

- **Filtración**

Proceso para eliminar partículas del agua pasando esta por un lecho poroso.

- **Filtro rápido de arena**

Un filtro de arena gruesa u otro medio de filtración por el que el agua pasa a alta velocidad y generalmente a baja presión.

- **Filtro de arena lento**

El agua pasa a través de un lecho de arena fina colocado encima de un lecho de grava. Los sólidos se eliminan por filtración y los nutrientes se eliminan por la actividad biológica.

- **Lavado por retroceso o retrolavado**

El proceso por el cual se invierte el flujo a través de los filtros de arena o de las resinas de intercambio iónico para despegar el lecho y expulsar cualquier materia suspendida recogida.

- **Patógeno**

Un organismo que es capaz de causar enfermedades.

- **Pesticida**

Cualquier producto químico utilizado para controlar las plagas en las plantas y animales. Estas incluyen fungicidas, herbicidas e insecticidas.

- **pH**

Una medida de la acidez o alcalinidad del agua en relación con iones hidrogeno presentes.

- **Sedimentación**

Proceso para eliminar los sólidos sedimentables de un tanque bajo condiciones de semireposo. Las partículas sedimentadas de los lodos de las aguas crudas o residuales se retiran del tanque a intervalos regulares.

- **Turbidez**

Debido a la materia coloidal y suspendida la cual confiere un aspecto nebuloso al agua. Se determina por la medida del grado de dispersión de un rayo de luz que pasa a través del agua.

RESULTADOS

Aquí se procedió al diseño, construcción y evaluación de la microplanta potabilizadora de agua.

Se muestran los resultados obtenidos en el desarrollo de la presente investigación, los mismos que sirvieron para realizar la comparación con la norma establecida para agua potable en el medio rural por el Ministerio de Salud según la norma normado por el D.S. N° 002-2008-MINAM y su Modificadorio indicadas en el D.S. N° 015-2015-MINAM.y el Reglamento de la Calidad del Agua para consumo humano dispuesto en el D.S. N° 031-2010-SA.

4.1. Diseño de la Microplanta Potabilizadora

4.1.1. Parámetros empleados para el diseño

- Población de diseño: Directo: 30 hab. E Indirecto: 400 hab.
- Caudal de diseño: $Q_d = 0.18 \text{ L/s} = 0.00018 \text{ m}^3/\text{s} = 0.648 \text{ m}^3/\text{h} = 648 \text{ L/h}$
- Fuente de abastecimiento: Superficial
- Calidad de agua afluyente:
 - ✓ Turbidez: 5.0 UNT
 - ✓ pH: 6.5 a 8.5
 - ✓ Olor: inofensivo
 - ✓ Sabor: inofensivo
 - ✓ Coliformes totales (35°C /NMP/100 mL) : 3000
 - ✓ Coliformes termotolerantes (44.5°C NMP/100mL) : 2000
 - ✓ Escherichia Coli (44.5°C NMP/100mL) : 0

4.1.2. Resultado del diseño del tanque sedimentador

El Sedimentador de lodos es un tanque de PVC de forma cilíndrica simple. Sus características de diseño se indican en la tabla 11.

Tabla 11.

Resumen de características del sedimentador

Datos del afluente al sedimentador	
Caudal de diseño	0.18 L/s = 0.00018 m ³ /s = 648 L/h
Turbidez	3.94 UNT
Tiempo de retención	2 horas
Dimensiones del sedimentador	
Área superficial (As)	0.4027 m ²
Relación Largo: ancho	1:2
Largo (l)	1.20 m
Ancho (a)	0.80 m
Volumen del sedimentador	350 L
Altura media del sedimentador (hm)	1052 mm
Altura de la pared de salida (hps)	1000 mm
Zona de salida del sedimentador	
Tipo de salida	A través de orificio
Altura máx. de agua en la salida	1000 mm
Numero de orificios de salida	1
Diámetro del orificio de salida	1/2 pulg.
Caudal de salida	0.15 L.S ⁻¹
Zona de salida de lodos	
Caudal del lodo	2.9 m ³ / semana
Tiempo de extracción de lodos	1 semana
Volumen de lodo	2.9 m ³
Diámetro de orificio de salida	2 pulg.

Fuente: Elaboración propia



Figura 7.
Tanque Sedimentador

4.1.3. Resultado del diseño del Filtro Lento de Arena



Figura 8.
Filtro lento de arena

Tabla 12.

Resumen de características del Filtro Lento de arena

Datos del afluente al filtro lento de arena	
Caudal de diseño	0.18 L/s
Turbidez afluente	4-10 NTU
Detalle de la tubería procedente del sedimentador	
Diámetro de la tubería (D)	1/2 pulg.
Numero de tuberías (N)	1
Dimensiones del filtro	
Área superficial del filtro (Af)	0.3848 m ²
Largo del filtro (L)	0.83 m
Ancho del filtro (A)	0,70 m
Diámetro del orificio de salida	1/2 pulg.
Altura total del tanque (ht)	1.00 m
Características de las capas filtrantes de cuarzo	
Espesor de la capa inferior o de soporte	0.10 m
Tamaño de partícula de la capa inferior	½ pulg
Volumen de la capa de soporte	0,0385 m ³
Espesor de la capa intermedia	0.10 m
Tamaño de partícula de la capa intermedia	¼ pulg
Volumen de la capa intermedia	0,0385 m ³
Espesor de la capa superior	0.30 m
Tamaño de partícula de la capa superior	1/16 pulg
Volumen de la capa superior	0.1154 m ³
Dimensionamiento de la entrada de filtro	
Velocidad de entrada (V)	
Diámetro de la tubería (D)	1/2 pulg.

Dimensionamiento de la salida del filtro

Diámetro de la tubería de salida (D)	1/2 pulg.
Elevación del nivel del agua sobre el orificio	80 cm

Dimensionamiento del sistema de dispersión superior

Numero de hileras	12
Diámetro de la tubería de drenaje inferior	1/2 pulg.
Separación de orificios	2 cm
Diámetro de orificio	2 cm

Dimensionamiento del sistema de drenaje inferior

Numero de hileras	12
Diámetro de la tubería de drenaje inferior	1/2 pulg
Separación de orificios	1 cm
Diámetro de orificio	2 cm

Fuente: Elaboración propia

El filtro de arena es un tanque de PVC de forma cilíndrica simple. Sus características de diseño se indican en la tabla 12.

4.1.4. Resultado del diseño del tanque reservorio

El reservorio de agua tratada es un tanque de PVC de forma cilíndrica simple. Sus características de diseño se indican en la tabla 13.

Tabla 13.

Dimensionamiento del Tanque de almacenamiento

Dimensionamiento del tanque de almacenamiento

Volumen del tanque (Vd)	350 l
Ancho del tanque	716 mm
Largo del tanque	1000 mm
Altura del agua	1052 mm

Fuente: Elaboración propia



Figura 9.
Tanque reservorio

4.2. Propuesta de Construcción de la Micro Planta Potabilizadora

El agua para consumo humano en la CCNN de Chunchiwi proviene de quebrada; estas aguas están contaminadas, mayormente en épocas de invierno (diciembre a Febrero) cuando estas llegan con alto contenido de arenas y limo y basura, que representa un alto contenido de turbiedad. Lo cual ha motivado

presentar una alternativa viable a este problema y se propuso la implementación de una microplanta de tratamiento de agua con equipos fáciles de operar.

El caudal promedio que llega es de 600 L/hora. Para el abastecimiento de consumo humano (beber y preparación de alimentos) se consideró una dotación de 20 L/hab/día. El almacenamiento del agua cruda se efectuó en el tanque sedimentador por 2 horas todos los días para evitar tener agua almacenada.

4.2.1. Esquema de la microplanta potabilizadora

En el Anexo se presenta un esquema (planos) de la microplanta potabilizadora de agua.

4.3. Resultados del análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua

Las muestras de agua cruda (afluente) y agua tratada (efluente) recolectadas en campo (pileta) y salida de tanque reservorio respectivamente, fueron analizadas en el Laboratorio Referencial de MINSA (Morales) que permitió determinar la calidad de agua de consumo.

4.3.1. Primer muestreo

Tabla 14.

Resultados del Análisis Fisicoquímico y Bacteriológico del agua (Primer muestreo del 19 de junio de 2018)

Parámetros	Entrada	Salida	Método	Valores Normal
pH	7.05	7.15	Potenciómetro	6.5 – 8.5
Turbiedad	3.94	1.43	Nefelometría	0 – 5 UNT
Coliformes Totales 35°C (NMP/100 mL)	1.6x10 ⁵	<1.1	APHA. AWW. WEF Part. 9221B.21th.ed. 2005	<1.1 NMP/100 mL
Coliformes termotolerantes 44.5°C (NMP/100 mL)	6.8x10 ²	< 1.1	APHA. AWW. WEF. Part. 922E-1.21th.ed.2005	<1.1 NMP/100 mL
Escherichia Coli 44.5°C (NMP/100mL)	< 1.8	< 1.1	APHA. AWW. WEF. Part. 9221F1.21th.ed.2005.	< 1.1 NMP/100mL

Fuente: Laboratorio Referencial Regional de Salud Pública de San Martín (2018)

Parámetros Físicoquímicos	Antes	Después
pH	7.05	7.15
Turbidez	3.94	1.43

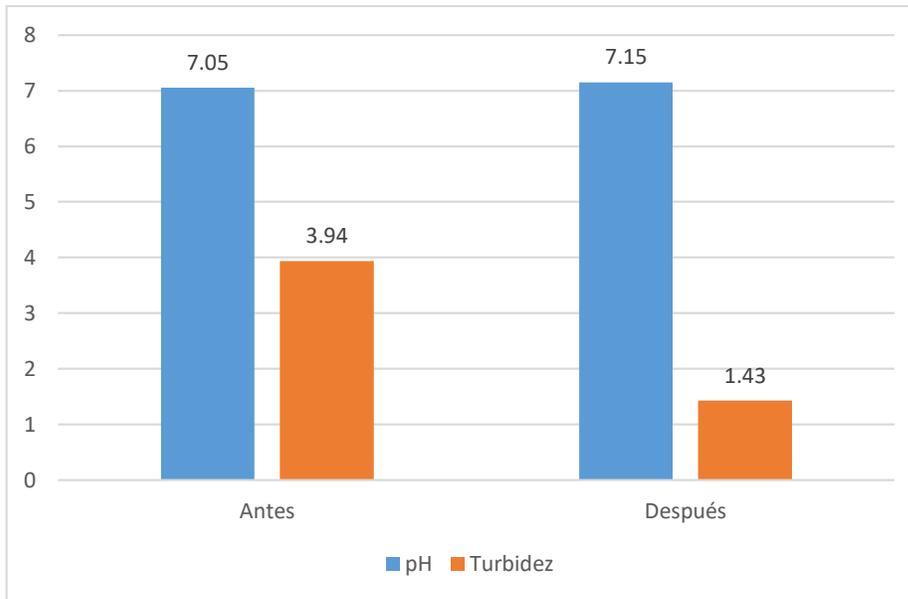


Figura 10.

Resultado del análisis físicoquímico del agua del primer muestreo

Parámetros bacteriológicos	antes	después
Coliformes totales	16	1.1
Coliformes termotolerantes	6.8	1.1
Escherichia Coli	1.8	1.1

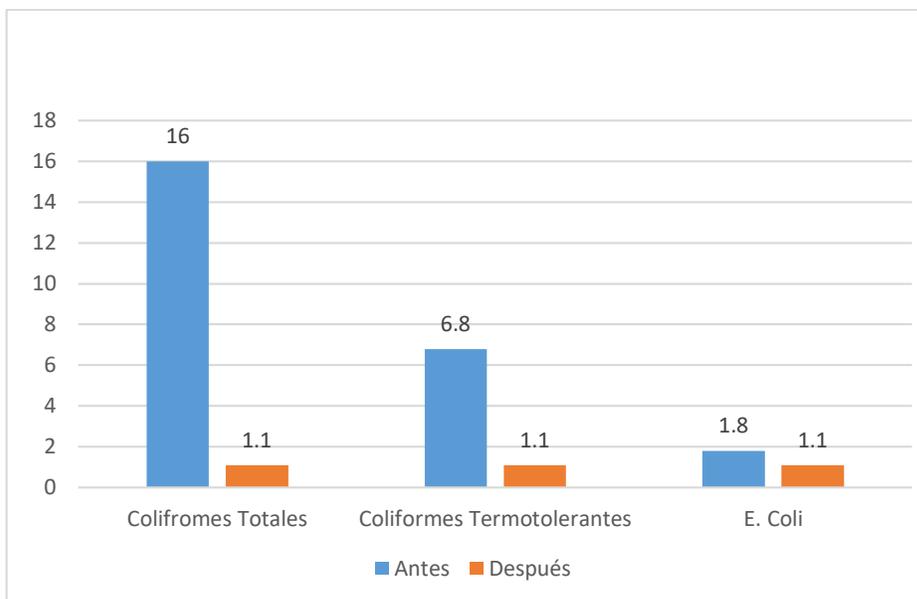


Figura 11.

Resultados del análisis bacteriológico del agua en el primer muestreo

4.3.2 Segundo Muestreo

Tabla 15.

Resultado de Análisis Fisicoquímico y bacteriológico del agua del segundo muestreo (28.06.2018)

Parámetros	Entrada	Salida	Método	Valores Normal
pH	7.85	7.37	Potenciómetro	6.5 – 8.5
Turbiedad	7.54	7.48	Nefelometría	0 – 5 UNT
Coliformes Totales 35°C (NMP/100 mL)	5.4x10 ³	>23	APHA. AWW. WEF Part. 9221B.21th.ed. 2005	<1.1 NMP/100 mL
Coliformes termotolerantes 44.5°C (NMP/100 mL)	6.8x10	6.8	APHA. AWW. WEF. Part. 922E-1.21th.ed.2005	<1.1 NMP/100 mL
Escherichia Coli 44.5°C (NMP/100mL)	< 1.8	< 1.1	APHA. AWW. WEF. Part. 9221F1.21th.ed.2005.	< 1.1 NMP/100mL

Fuente: Laboratorio Referencial Regional de Salud Pública de San Martín (2018)

Parámetros Fisicoquímicos	antes	después
pH	7.85	7.37
Turbidez	7.54	7.48

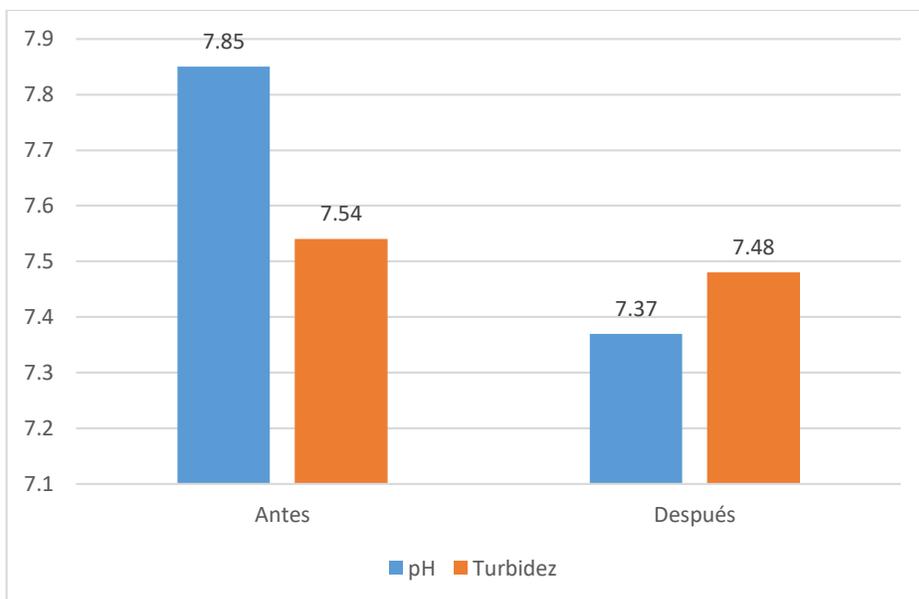


Figura 12.

Resultado del análisis fisicoquímico del agua del segundo muestreo

Parámetros Bacteriológicos	Antes	Después
Coliformes Totales	54	23
Coliformes Termotolerantes	68	6.8
E. Coli	1.8	1.1

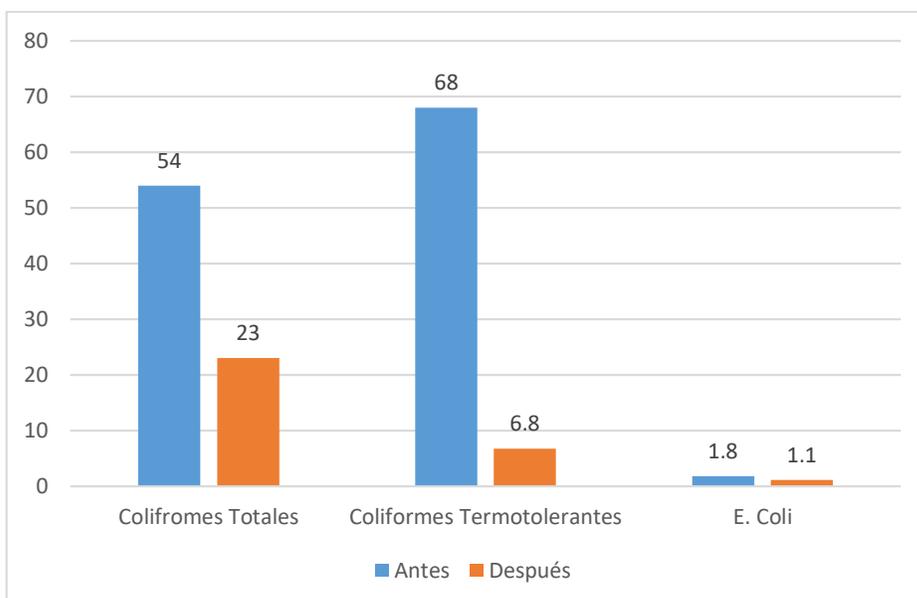


Figura 13.

Resultado del análisis bacteriológico del agua del segundo muestreo

4.3.3. Tercer Muestreo

Tabla 16.

Resultado del análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua del tercer muestreo (18.07.18)

Parámetros	Entrada	Salida	Método	Valores Normal
pH	7.38	7.31	Potenciómetro	6.5 – 8.5
Turbiedad	6.98	0.83	Nefelometría	0 – 5 UNT
Coliformes Totales 35°C (NMP/100 mL)	1.1x10 ²	23	APHA. AWW. WEF Part. 9221B.21th.ed. 2005	<1.1 NMP/100 mL
Coliformes termotolerantes 44.5°C (NMP/100 mL)	6.8	4.9	APHA. AWW. WEF. Part. 922E-1.21th.ed.2005	<1.1 NMP/100 mL
Escherichia Coli 44.5°C (NMP/100mL)	2.0	1.1	APHA. AWW. WEF. Part. 9221F1.21th.ed.2005.	< 1.1 NMP/100mL

Fuente: Laboratorio Referencial Regional de Salud Pública de San Martín (2018)

Parámetros Fisicoquímicos	antes	después
pH	7.38	7.31
Turbidez	6.98	0.83

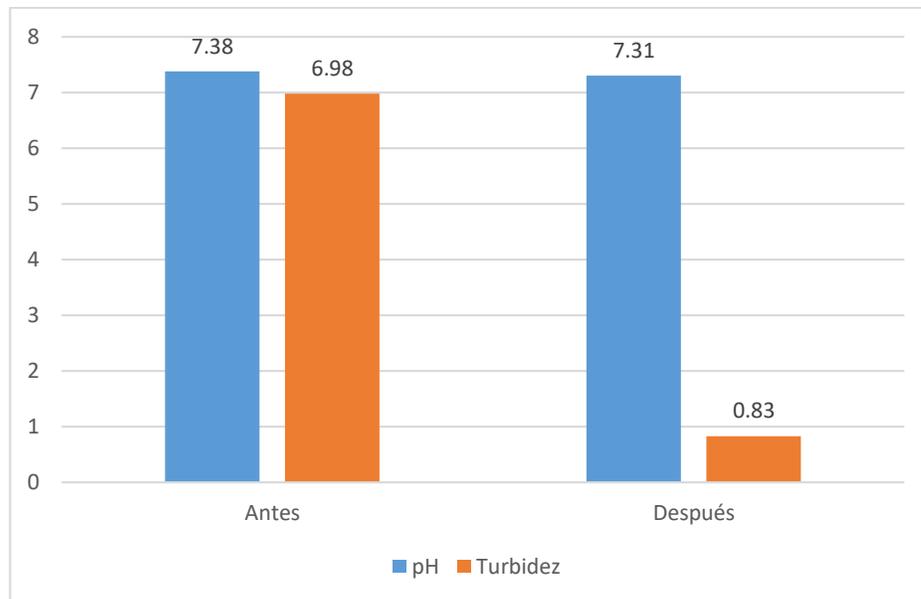


Figura 14.
Resultado del análisis fisicoquímico del agua del tercer muestreo

Parámetros Bacteriológico	antes	después
Coliformes totales	110	23
Coliformes termotolerantes	6.8	4.9
Escherichia Coli	2.0	1.1

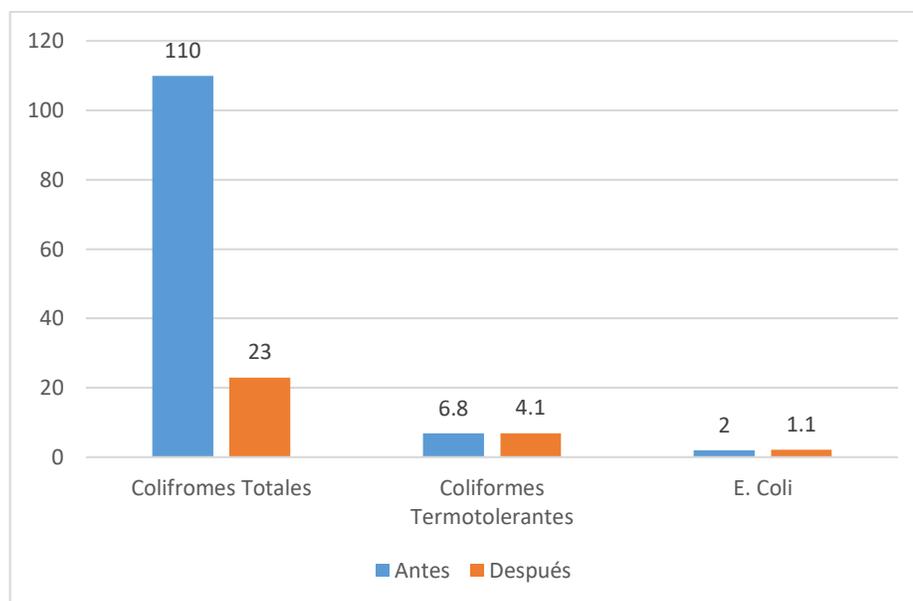


Figura 15.

Resultados del análisis bacteriológico del agua del tercer muestreo

4.3.4. Cuarto Muestreo

Tabla 17.

Resultado del análisis fisicoquímico y bacteriológico del agua del cuarto muestreo (31.08.18)

Parámetros	Entrada	Salida	Método	Valores Normal
pH	7.60	7.40	Potenciómetro	6.5 – 8.5
Turbiedad	24.5	2.62	Nefelometría	0 – 5 UNT
Coliformes Totales 35°C (NMP/100 mL)	1.7x10 ³	23	APHA. AWW. WEF Part. 9221B.21th.ed. 2005	<1.1 NMP/100 mL
Coliformes termotolerantes 44.5°C (NMP/100 mL)	1.7x10 ²	16.1	APHA. AWW. WEF. Part. 922E-1.21th.ed.2005	<1.1 NMP/100 mL
Escherichia Coli 44.5°C (NMP/100mL)	6.8x10	12	APHA. AWW. WEF. Part. 9221F1.21th.ed.2005.	< 1.1 NMP/100mL

Fuente: Laboratorio Referencial Regional de Salud Pública de San Martín (2018)

Parámetros Físicoquímicos	antes	después
pH	7.6	7.4
Turbidez	24.5	2.62

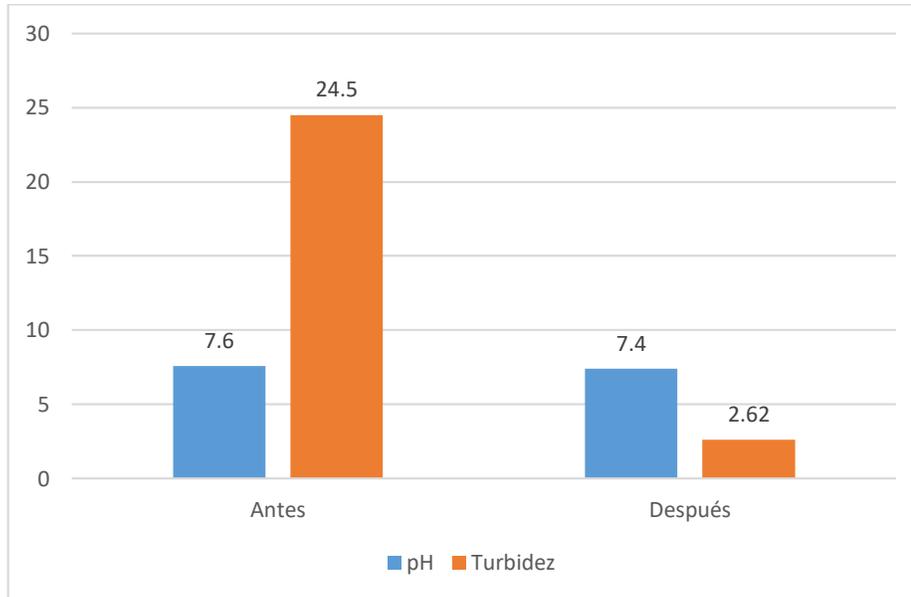


Figura 16.

Representación fisicoquímica de análisis del agua del cuarto muestreo.

Parámetros Bacteriológicos	antes	después
Coliformes totales	170	23
Coliformes termotolerantes	17	16.1
Escherichia Coli	68	12

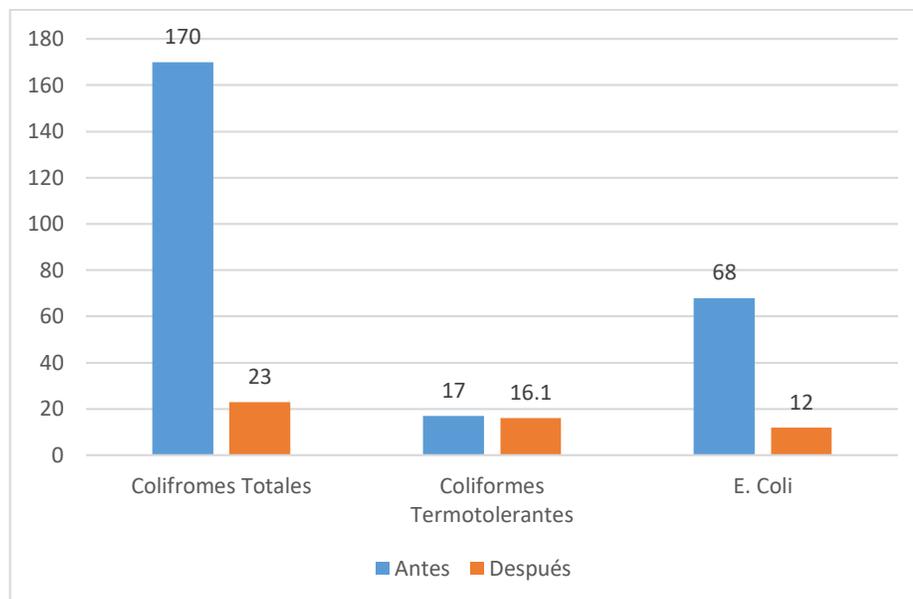


Figura 17.

Representación del análisis bacteriológico del agua del cuarto muestreo (2018)

4.3.5. Quinto Muestreo

Tabla 18.

Resultado del Análisis Físicoquímico y Bacteriológico del agua en el quinto muestreo (11.09.18)

Parámetros	Entrada	Salida	Método	Valores Normal
pH	7.60	7.80	Potenciómetro	6.5 – 8.5
Turbiedad	2.96	2.84	Nefelometría	0 – 5 UNT
Coliformes Totales 35°C (NMP/100 mL)	7.0x10 ³	2,4x10 ³	APHA. AWW. WEF Part. 9221B.21th.ed. 2005	<1.1 NMP/100 mL
Coliformes termotolerantes 44.5°C (NMP/100 mL)	2,0	1,8	APHA. AWW. WEF. Part. 922E-1.21th.ed.2005	<1.1 NMP/100 mL
Escherichia Coli 44.5°C (NMP/100mL)	1,8	1,8	APHA. AWW. WEF. Part. 9221F1.21th.ed.2005.	< 1.1 NMP/100mL

Fuente: Laboratorio Referencial Regional de Salud Pública de San Martín (2018)

Parámetros Fisicoquímicos	Antes	Después
pH	7.6	7.8
Turbidez	2.96	2.84

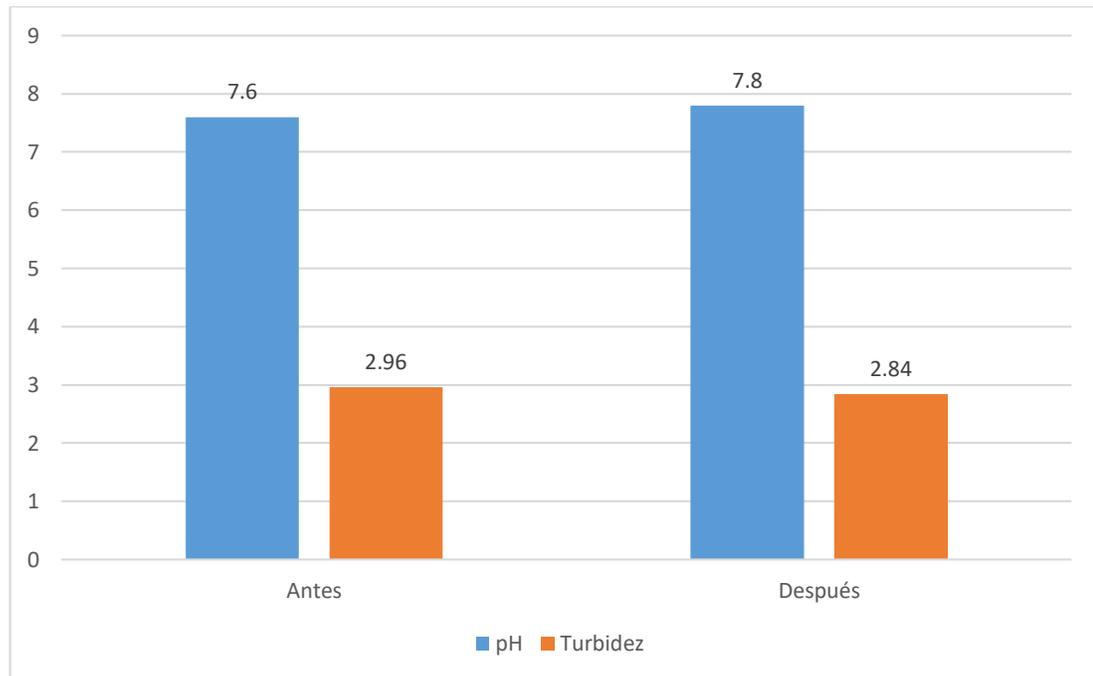


Figura 18.
Representación fisicoquímica del análisis del agua del quinto muestreo.

Análisis Bacteriológico	Antes	Después
Coliformes Totales	7E3	2.4E3
Coliformes Termotolerantes	2	1.8
E. Coli	1.8	1.8

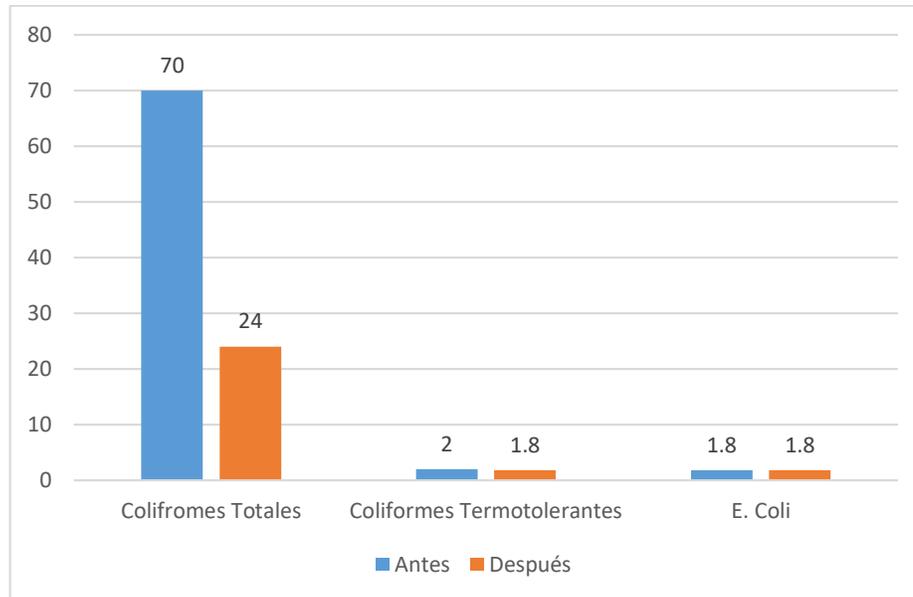


Figura 19.

Resultados del análisis bacteriológico del agua en el quinto muestreo.

4.4. Resultado Promedio del análisis del agua

4.4.1. Resultado Promedio del análisis fisicoquímico de agua

pH y Turbidez

Parámetro	Promedio	
	Antes	Promedio Después
Fisicoquímico		
pH	7.51	7.40
Turbidez	9.16	3.04

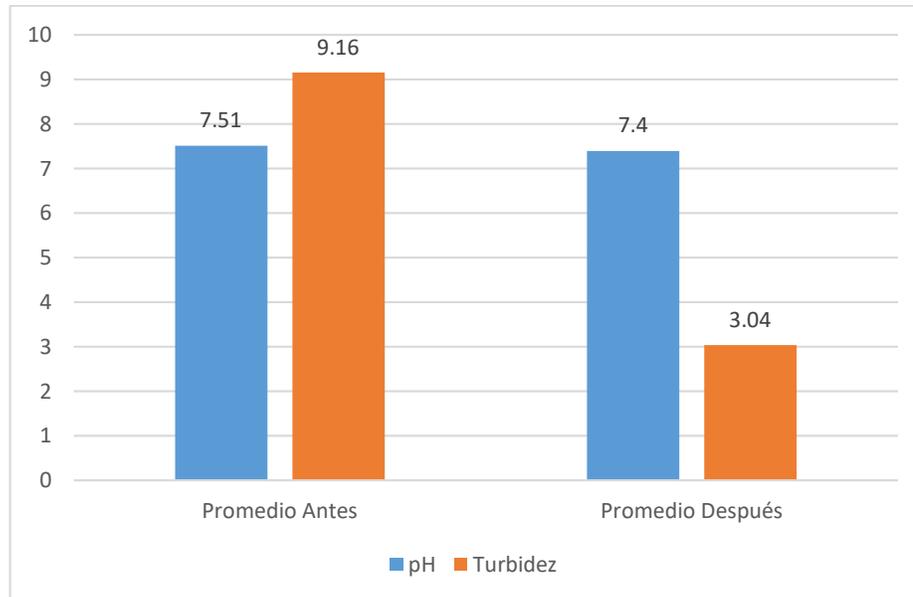


Figura 20.

Representación gráfica del resultado promedio del análisis fisicoquímico de pH y Turbidez

4.4.2. Resultado Promedio del análisis bacteriológico de agua

Coliformes Totales

Parámetros Bacteriológicos	Promedio Antes	Promedio Después
Coliformes Totales	34822.2	494.02

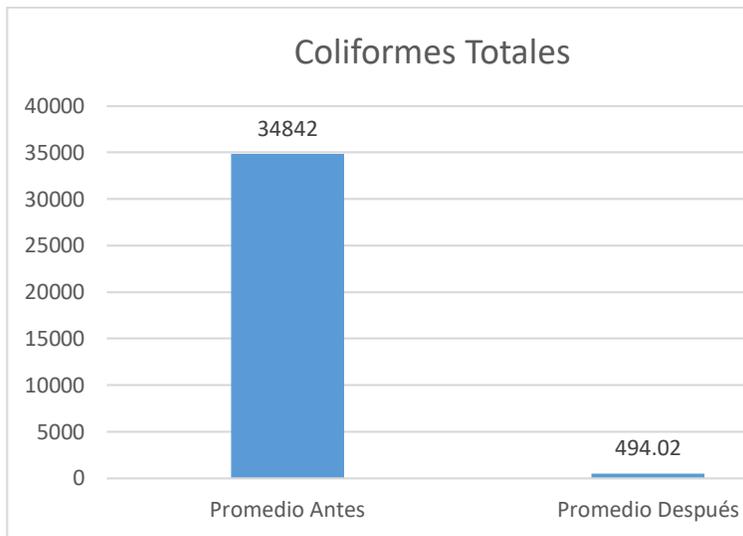


Figura 21.
Representación gráfica del Resultado Promedio de Coliformes Totales

Coliformes Termotolerantes y Escherichia Coli

Parámetros Bacteriológicos	Promedio	
	Antes	Promedio Después
Coliformes Termotolerantes	185.36	6.14
E. Coli	15.08	3.42

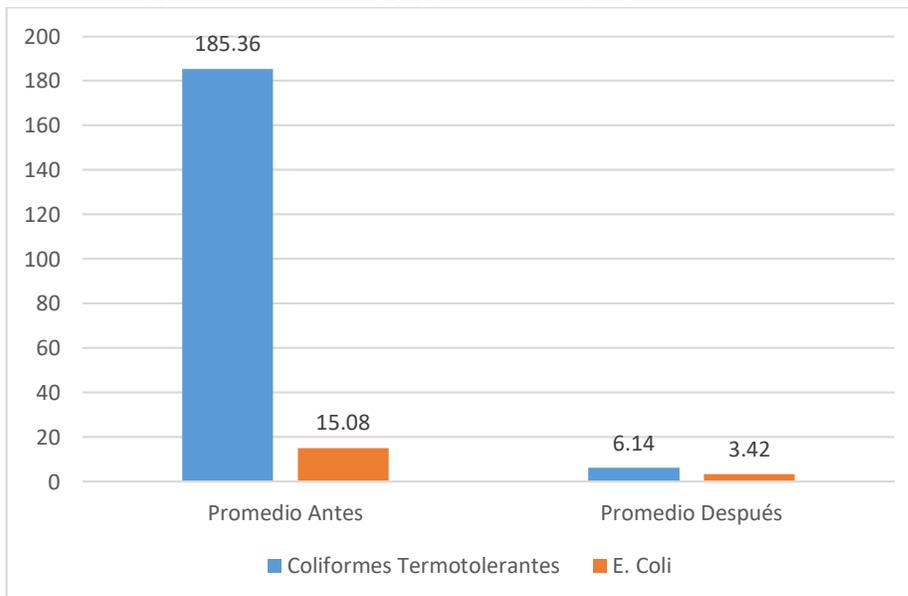


Figura 22. Representación gráfica del Promedio de Coliformes Termotolerantes y E. Coli.

4.5. Eficiencia de los Parámetros Físicoquímicos y Bacteriológicos

Se aplicó la siguiente fórmula para encontrar la Eficiencia para cada proceso:

$$\text{Error} = \frac{VV - VE}{VV}$$

$$\text{Ef.} = (1 - \text{Error}) \times 100$$

Donde:

VV = Valor Verdadero

VE = Valor promedio

Parámetros Físicoquímicos

Parámetro Físicoquímico	Eficiencia (%)
pH	98.67
Turbidez	60.8

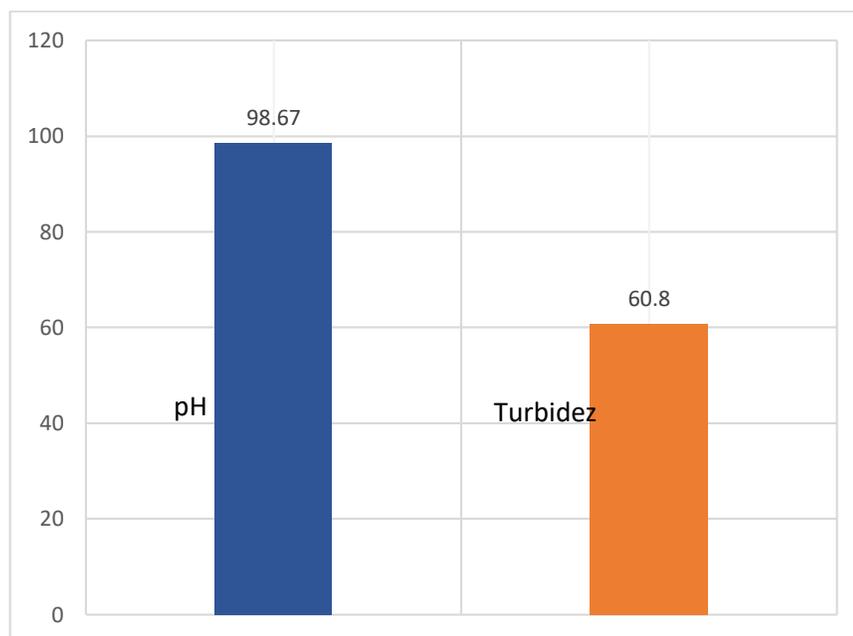


Figura 23.
Eficiencia de los parámetros físicoquímicos

Bacteriológicos

Aplicando Tales de Mileto

Parámetros Bacteriológicos	Eficiencia (%)
Coliformes Totales	83.53 %
Coliformes Termotolerantes	99.70 %
Escherichia Coli	31.6 %

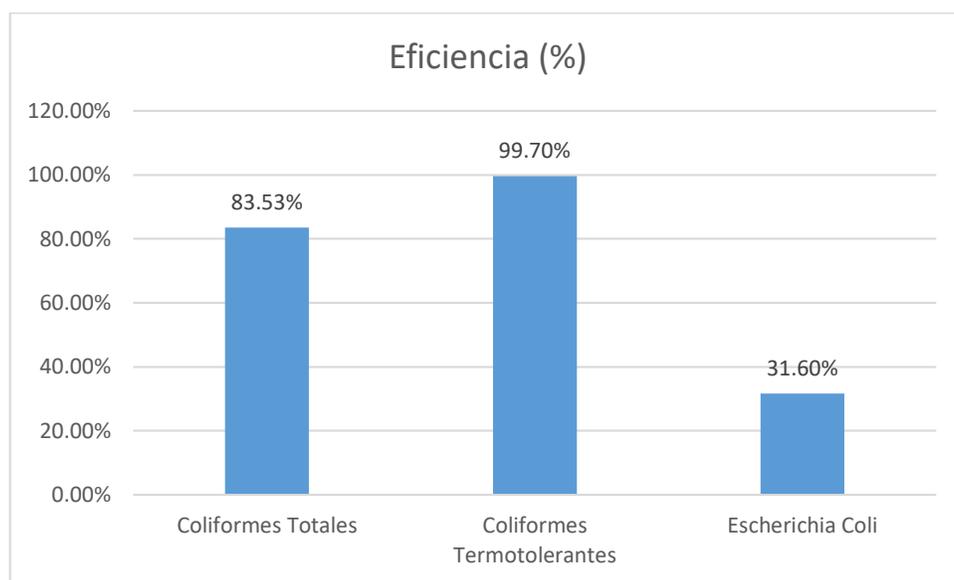


Figura 24.

Eficiencia de los parámetros bacteriológicos

4.6. Comparación de los Resultados Promedio con los Estándares de Calidad del Agua (ECA)

Fisicoquímico

Parámetro Fisicoquímico	Promedio Después	ECA
pH	7.4	7.5
Turbidez	3.04	5.0

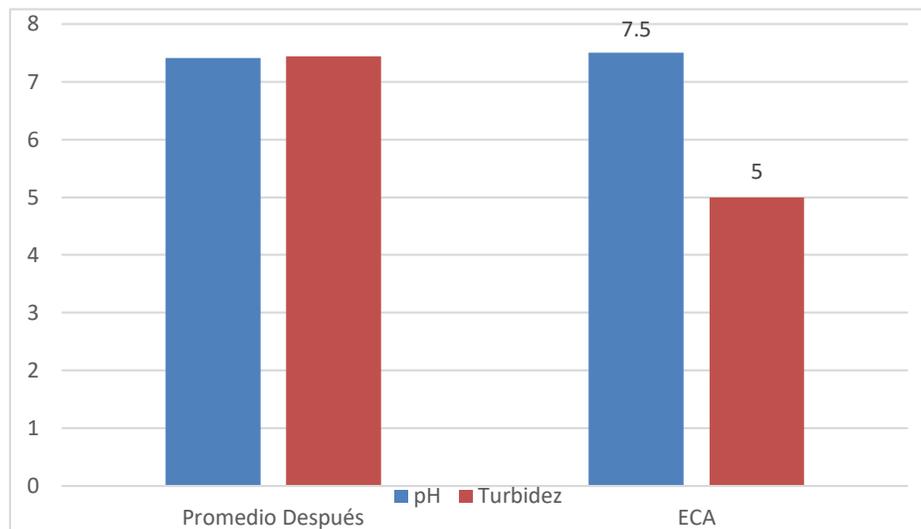


Figura 25.

Representación gráfica del pH y Turbidez frente a ECA del agua

Bacteriológicos

Parámetros bacteriológicos	Promedio después	ECA
Coliformes Totales	494.02	3000
Coliformes termotolerantes	6.14	2000
E. Coli	3.42	0

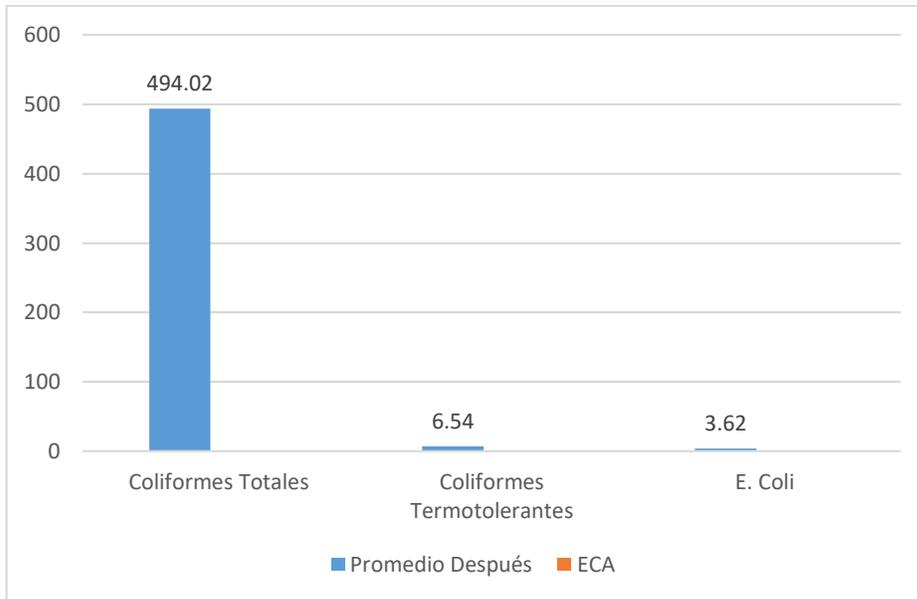


Figura 26.

Representación de los parámetros bacteriológicos frente al ECA del agua

4.7. Operación y Mantenimiento de la microplanta

4.7.1 Operación de la microplanta

El agua cruda procedente de la línea ingresa por gravedad a un Sedimentador (TK-1) por la parte superior. Aquí sedimentan las partículas gruesas y en menor cantidad las partículas finas. El tiempo que asegure la sedimentación fue de 3 horas.

Luego el agua ingresa también por gravedad y por la parte superior al filtro lento de arena (TK-2) a través de una tubería de 1/2 pulgadas que presenta ranuras de 1 cm de diámetro cada 2 cm de distancia, que permite dispersar el agua en forma de ducha a fin que no dañe la cama de arena fina por turbulencia y mejore de esta forma la filtración.

Una vez que el agua sobrenada llega a una altura suficiente por encima del lecho de arena (10 cm), aquí en un plazo máximo de 20 días se formó una capa biológica llamada "schmudecke", este periodo se denomina proceso de maduración del filtro. Después de este periodo el agua almacenada se puede considerar potable.

El agua atraviesa el lecho filtrante a una velocidad promedio de 0,1 m/h y luego pasa a un tanque reservorio de 350 L para su consumo final.

La operación es intermitente, ya que el proceso de filtración; se cargó mínimo dos veces por día para así asegurar la renovación del oxígeno disuelto en el interior del filtro. El agua remanente del día se evacua para su uso secundario, por ejemplo, limpieza de servicios higiénicos.

Los tres tanques están provistos de boyas para mantener el nivel de agua.

4.7.2. Mantenimiento

Después de un periodo aproximado de 6 meses, la resistencia de la capa biológica se ha tornado muy alta y no deja pasar totalmente el agua cruda procediéndose a la limpieza respectiva.

Se procedió de la siguiente manera:

- a) Se cierra la llave de paso de entrada de agua cruda al filtro lento de arena y se permite que descienda el nivel del agua sobrenadante abriendo la llave a la salida del filtro de tal manera que pueda retirarse toda el agua contenida.
- b) Luego se raspa cuidadosamente no más de 3 cm el "Schmutzdecke" o capa biológica usando una cuchara de albañil tan breve como sea posible para evitar el deterioro del lecho filtrante. La capa biológica y la arena fina extraída fueron lavados para ser usados nuevamente.
- c) La cantidad de arena fina retirada se repuso con nueva arena a fin de mantener la funcionalidad del filtro.

DISCUSION

En base a los resultados obtenidos, el problema de suministro de agua en la comunidad de Chunchiwi queda resuelto en un gran porcentaje; pues la población contará con una microplanta de tratamiento de agua potable con la cual podrá suplir la necesidad básica de agua para consumo humano.

Los datos obtenidos en cada tratamiento, indican que la población estaba consumiendo agua en condiciones precarias, pues el agua que contiene gran cantidad de sólidos disueltos y suspendidos, lo cual llevo a unidades altas de turbiedad, tal como se muestra en el 2do. Muestreo (7.48 UNT); donde la norma indica que debe ser menor o igual a 5 UNT.

Con respecto al pH no existe mayor problema, los valores obtenidos están dentro del rango de la norma. Estos valores oscilan entre 7.15 a 7.80. Los Coliformes totales se reducen de 34,822.2 a 494.02 en NMP/100 mL. Esto indica una eficiencia del filtro lento de arena del 83.53% para todo el proceso. Con respecto Coliformes termotolerantes se observa en el 1er. Muestreo un valor de $6,8 \times 10^2$ NMP/ 100 mL como el valor más alto al ingresar y de 1.1 a la salida en los tratamientos 2do., 3ro., y 4to. Muestreo se repite la eficiencia con diferentes valores. Resultado que indica la eficiencia del filtro de arena.

En E. Coli el valor más alto en el 4to. Muestreo, obteniéndose 68 NNP/ 100 mL para el ingreso y 12 para salida. Siendo lo establecido por norma el valor de 0. En Zenu de Cartagena (Colombia) se obtuvieron un pH de 7.15 y una turbiedad de 5.50 UNT; que comprados con los obtenidos en la investigación no difieren mucho; estos son de 7.40 para el pH y 3.04 para la turbiedad. En Kuychiro (Cuzco) se registraron valores de 7.90 para el pH, 210 NMP/100 mL para Coliformes totales y 240 NMP/100 mL para Coliformes tolerantes. Siendo los Coliformes totales mayor a los observados en la investigación 494.02 NMP/100 mL y Coliformes termolerantes es 6.14 NMP/100 mL en la salida del filtro. Siendo este último mucho menor que el registrado en Kuychiro.

5.1. Discusión de Turbiedad

Este parámetro se emplea para medir la calidad del agua potable en relación con la materia suspendida y la presencia de coloides; por eso la turbiedad es una medida de la concentración de los sólidos en suspensión en el agua.

Observando la figura 23 de los cinco muestreos tanto en agua cruda y agua tratada se observa que la turbiedad se reduce de un valor promedio de 3.04 NTU. La cual es un valor adecuado por cuanto la turbidez que exige la norma es 5 NTU. Muestra una eficiencia del 60.08. La turbidez es el parámetro más difícil de controlar por estar supeditado al clima y otros factores.

5.2. Discusión de pH

Este parámetro mide el grado de acidez o basicidad de un agua. Según los datos obtenidos en los cinco muestreos se muestran un cambio de pH entre 7,51 (ligeramente básico) hasta 7,40 (ligeramente básico); logrando un pH promedio de 7,40, el cual es aceptable para un agua de consumo humano. Ver Grafica 20. Su eficiencia es del 98.67 según la figura 23 por aceptar un rango de 6,5 a 8,5.

5.3. Discusión de Coliformes Totales

Este parámetro mide el grado de contaminación orgánica del agua. De la figura 21 de los muestreos promedio tanto en agua cruda y agua tratada se observa que la presencia de Coliformes totales se reduce de 34,822.2 a 494.02 en NNP/100 mL. Esto indica una eficiencia del filtro lento de arena del 83.53 % para todo el proceso según la figura 24.

Comparado con los datos obtenidos en Kuychiro; 80.91% en remoción de Coliformes totales, se considera aceptable esta investigación.

5.4. Discusión de Coliformes Termotolerantes

Este parámetro interpreta la presencia de bacterias resistentes al calor. De igual manera en la figura 22 se observa un promedio de 185.36 antes de ingresar y 6.14 NNP/100 mL a la salida haciendo una eficiencia de 99.7 % según la figura 24.

5.5. Discusión de Escherichia Coli

Este parámetro mide la presencia de la bacteria *Escherichia coli*, mayormente presente en residuos fecales de humanos y animales. De la figura 22 se observa que estas se reducen de 15.08 (antes) a 3.42 (después) NNP/100 mL a 45°C; haciendo una eficiencia de 31.6% según la figura 24.

5.6. Comparación de resultados de Coliformes en efluentes con los ECAS

Los Coliformes en efluentes tanto Coliformes totales, Coliformes termotolerantes y E. Coli, se acerca notablemente a los ECAS para aguas tienen un valor de 0. Así Coliformes totales un valor promedio de 494.02; Coliformes termotolerantes presenta un valor promedio de 6.14 y para E. Coli es de 3.42 como valor promedio. Los cuales dan resultados válidos para aguas superficiales con tratamiento primario.

5.7. Comparación de resultados de parámetros físicos en efluentes con los ECA.

El pH es que mejor cumple con el ECA respectivo; teniendo un valor de efluente de 7.40 muy cercano al valor de ECA que es de 7.50. Con respecto a la Turbidez su valor promedio de efluente tiene un valor de 3.04 siendo el ECA de 5 UNT.

CONCLUSIONES

1. Se concluye que es factible la construcción de un sistema de agua potable basado en filtro lento de arena para una población objetivo de 30 habitantes.
2. Se evaluó adecuadamente los principales parámetros de potabilización rural: pH, Turbiedad, Coliformes totales, Coliformes Termotolerantes y E. Coli; encontrándose que cumplen que la norma exigida por El Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. D.S N° 031-2010-SA. Dirección General de Salud Ambiental.
3. Se comprobó que los filtros lentos de arena son eficientes (en un aproximado de 95%), de bajo costo y fáciles de operar y mantener.
4. Los materiales y equipos utilizados son fáciles de adquirir y/o encontrar en el mercado local (Tarapoto) o área de influencia del proyecto.
5. Se capacitó a 3 personas (2 profesores y comunitario) para el manejo y mantenimiento de la microplanta.
6. El agua tratada obtenida fue de sabor agradable, buen aspecto y aceptado por los consumidores de la comunidad nativa de Chunchiwi.
7. El estudio se llevó a cabo en una zona muy significativa, que refleja la situación actual de muchas regiones rurales del país, puesto que solo en Chunchiwi la comunidad cuenta con el suministro de agua potable.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario alertar a los usuarios que deben al final del día vaciar el tanque reservorio a fin de evitar su contaminación (aparición de algas) durante la noche, debido a que no contiene desinfectante alguno con efecto residual, tal como el cloro.
2. Sin embargo, si el caso lo amerita se podría adicionar durante la noche lejía en una cantidad de 20 gotas por cada 20 litros de agua en el tanque reservorio y dejar reposar, para ser consumida al día siguiente.
3. Si bien la planta está diseñada para 30 habitantes. Se deberá hacer un estudio para la población de 400 habitantes.
4. El funcionamiento de la microplanta debe ir acompañado en forma permanente de una concientización de los beneficiarios acerca de los riesgos de salud que implica la operación o falta de mantenimiento de la microplanta.
5. El presente proyecto puede ser replicado a otras comunidades cercanas como: Urca Pacta, Chirikyacu y Aviación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Álvarez, Núñez y Mecerreyes.** (2006). *Sociedad y Justicia*. Revista de crítica. La Coruña. España. Ed. Oveja Negra.
- Arboleda J.** (2000) *Teoría y Práctica de la Purificación del Agua*. Bogotá. Mc Graw Hill.
- APHA et al.** (1995). *Métodos estándares de examinación del agua y aguas residuales*.
- Barrientos Honorio y otros.** (2012). *Purificación de agua por medio de filtros de arena en la comunidad de Kuychiro*. Cuzco. Perú. Ed. Universidad Nacional Antonio Abad.
- Blacio O. Diego y Palacios P. José.** (2011). *Filtros biológicos para la potabilización de agua, posibilidades de uso de FLA (Filtros lentos de arena) con agua superficial de nuestra región*. Universidad de Cuenca. Tesina Previa a la obtención del título de Ingeniero Civil. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Cuenca. Ecuador.
- Cairncross y Freachem.** (1993). *Environmental health engineering in the tropics: an introductory text*. 2nd ed. Chichester: John Wiley & Sons.
- Casero R.D.** (2008). *Potabilización del Agua. Módulo IV: Abastecimiento y Saneamiento Urbanos*. Master en Ingeniería Medioambiental y Gestión del Agua 2007/2008. Madrid. España. Escuela de Negocios
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. CEPIS.** (2011). *Plantas de Filtración Lenta*.
- Chura A. Edgar.** (). *Propuesta de una Pequeña Planta de Tratamiento de Agua Potable en el Medio Rural de Tacna*. Revista Ciencia y Desarrollo. Extraído el 20 de enero de 2017.
- Cortes y Lara.** (2003). *Arquitectura, Ciudad y Entorno*. Universidad de Guadalajara. México. Ed. Universidad.

- Gray N.F.** (1994). *Calidad del Agua Potable. Problemas y Soluciones*. Zaragoza. España. ACRIBIA S.A.
- Henry & Heike.** (1999). *Ingeniería Ambiental*. 2da. Edición. Pearson. Prentice Hill.
- Hernández R. Baptista, P.** (eds.). (2006). *Metodología de la Investigación*. 4ta. Edición. México. Mc Graw Hill Interamericana, S.A.
- Hernández S. Carlos.** (2002). *Diseño de Plantas Tipo Para La Potabilización De Agua En Pequeñas Comunidades*. Trabajo de Investigación. Universidad Autónoma "Gabriel Rene Moreno". Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología. Santa Cruz. Bolivia.
- Idrovo M. Diego** (1999). *Diseño, Construcción, Operación, Mantenimiento y Evaluación de Sistemas de Agua Potable*. Ecuador. Universidad de Cuenca.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática.** (2015). *Anuario de Estadísticas Ambientales*. Lima. Perú.
- Levy B. Marcos y Mongelos P. Julio.** () *Microplanta Potabilizadora de Agua como Propuesta de Solución para Comunidades Aisladas del Departamento de Caaguazu*. Facultad de Ciencias y Tecnología. Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción.
- López Jose.** (2012). *Diseño, Construcción y Evaluación de un Filtro Intermittente de arena pómez*. Tesis de Maestría. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería. Guatemala.
- Lossio Aricoche.** (2012). *Sistema de abastecimiento de Agua Potable para cuatro poblados rurales del distrito de Lancones*. Tesis de Maestría. Piura. Perú. Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.
- Martin G. Laura.** (2011). *Diseño de una guía para la elaboración de filtros lentos de potabilización del agua*. Universidad Libre. Facultad de Ingeniería. Instituto de posgrado. Bogotá. Especialización en Gerencia ambiental.
- Ministerio de Salud. MINSA.** (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. D.S N° 031-2010-SA. Lima. Perú. Dirección General de Salud Ambiental. Ministerio de Salud.
- Torres Camilo, Villanueva S.** (eds). (2014). *El filtro de Arena Lento. Manual para el Armado, Instalación y Monitoreo*. Bogotá. Universidad Piloto de Colombia. 60 pág.
- Reascos B. y Yar B.** (2010). *Evaluación de la Calidad del Agua para el Consumo Humano de las Comunidades del Cantón Cocatachi y Propuesta de*

Medidas Correctivas. Tesis previa para la obtención del Título de Ingeniero en Recursos Naturales Renovables. Universidad Técnica del Norte. Ibarra. Ecuador. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales.

Rengifo, Carlos (2016). *Flora y Fauna de la Región del Alto Mayo*. Universidad Nacional de San Martín.

Vásquez Vásquez F. (2010). *Evaluación del Índice de Calidad del Agua del Área de Influencia del Botadero Municipal de Tarapoto Sector Yacucatina- San Martín – Perú*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

White et al. (2011). Journal of the onlinejacc.org.

ANEXOS

A. Panel Fotográfico



Foto 1: Instalacion de filtro de arena



Foto 2. Vista de tubo de drenaje en el filtro



Foto 3: Vista interior de filtro. Tubo de distribución, boya para controlar el nivel y tubo de drenaje.



Foto 4: Instalación del lecho filtrante

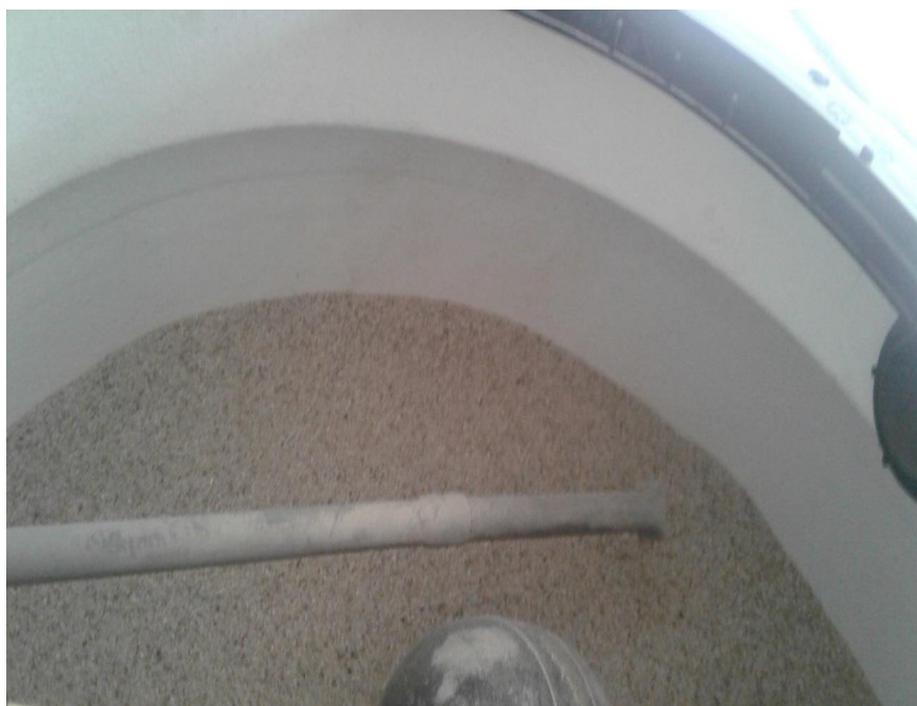


Foto 5: Vista de Lecho filtrante