

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRÍCOLA**



**“USO DE FILTROS LENTOS PARA LA PURIFICACION DE LAS  
AGUAS DEL RIO TOTORANI – SISTEMA DE AGUA POTABLE  
PAUCARCOLLA”**

**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

**BILARDO MAMANI VARGAS**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**PROMOCION 2009 I**

**PUNO – PERU  
2012**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERIA AGRÍCOLA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRÍCOLA**

**“USO DE FILTROS LENTOS PARA LA PURIFICACION DE LAS  
AGUAS DEL RIO TOTORANI – SISTEMA DE AGUA POTABLE  
PAUCARCOLLA.”**

**TESIS**

PRESENTADO A LA COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD  
DE INGENIERIA AGRÍCOLA, COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TITULO DE:

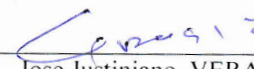
**INGENIERO AGRÍCOLA**

**PRESENTADO POR:**


**BACHILLER. BILARDO MAMANI VARGAS**

**APROBADO POR:**

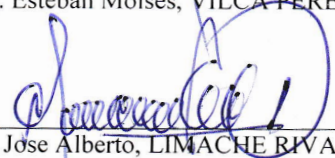
PRESIDENTE DEL JURADO

:   
DR. Jose Justiniano, VERA SANTA MARIA

PRIMER MIEMBRO

:   
Ing. Esteban Moisés, VILCA PEREZ

SEGUNDO MIEMBRO

:   
Ing. Jose Alberto, LIMACHE RIVAS

DIRECTOR DE TESIS

:   
Ing. Edilberto, VELARDE COAQUIRA

ASESOR DE TESIS

:   
Ing. German, BELIZARIO QUISPE



**ÁREA : Ingeniería y Tecnología**

**TEMA: Saneamiento rural**

**LÍNEA: Ingeniería de Infraestructura Rural**

## ***DEDICATORIA***

*A nuestro padre celestial, a mis seres queridos del más allá, por guiarme desde el cielo por la ruta del saber y del bien.*

*Con mucha ternura y amor, a ti hijito(a) que vienes en camino y a tu madre Gisela que son el motor de mi vida.*

*Con mucho cariño y eterna gratitud a mis padres, Toribio y Emeteria quien con su sacrificio e invalorable labor hizo posible alcanzar la concretización de mi deseo tan anhelado de ser un profesional.*

*Con inmensa gratitud y agradecimiento a mis hermanos, Ruth, German, Marizol y Henry por su incondicional e incomparable apoyo, quienes supieron comprenderme en cada momento de mi vida hasta lograr el objetivo de ser profesional.*

*Bilardo Mamani Vargas.*

## AGRADECIMIENTOS

Expreso mi profundo y mi más sincero agradecimiento a la:

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO – PUNO.** De una manera muy especial y particular a la **FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA.**

A todos los Docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola quienes impartieron sus conocimientos durante toda mi formación profesional.

A los miembros del Jurado Calificador: Presidente DR. Jose Justiniano Vera Santa Maria, Primer miembro Ing. Esteban Moisés Vilca Perez, Segundo miembro, Ing. Jose Alberto Limache Rivas.

Al Ing. Edilberto Velarde Coaquira, por su valioso aporte antes, durante y hasta después de concretizado el presente proyecto.

A todos mi amigos y compañeros de la universidad nacional del altiplano y de la facultad de ingeniería agrícola, quienes compartimos muchas experiencias durante nuestra vida estudiantil y ahora profesionalmente.

Un profundo agradecimiento a todas aquellas personas que directa o indirectamente me apoyaron para poder plasmar el presente trabajo de tesis.

A todos ellos, muchas gracias.

## INDICE

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>3</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>4</b>
<b>INDICE.....</b>	<b>5</b>
<b>RELACION DE TABLAS .....</b>	<b>9</b>
<b>RELACIÓN DE GRAFICOS .....</b>	<b>9</b>
<b>RELACION DE FOTOGRAFIAS .....</b>	<b>9</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>12</b>
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2 Antecedentes .....</b>	<b>14</b>
<b>1.3 JUSTIFICACION .....</b>	<b>15</b>
<b>1.4 OBJETIVOS .....</b>	<b>16</b>
<b>1.4.1 Objetivo general .....</b>	<b>16</b>
<b>1.4.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>16</b>
<b>GLOSARIO DE TERMINOS .....</b>	<b>17</b>
<b>II.MARCO TEORICO .....</b>	<b>18</b>
<b>2.1. CALIDAD DE LAS AGUAS.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1.1. Índices de calidad del agua .....</b>	<b>19</b>
<b>2.2. IMPACTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SALUD .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.1. Enfermedades que produce el agua.....</b>	<b>20</b>
<b>2.3. CONTAMINACION DEL AGUA .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.1. Sustancias que contaminan el agua.....</b>	<b>24</b>
<b>2.4. PARAMETRO FISICO-QUIMICO DE CALIDAD DE AGUA.....</b>	<b>25</b>
<b>2.4.1 Color .....</b>	<b>26</b>
<b>2.4.2. Olor y Sabor .....</b>	<b>27</b>
<b>2.4.3. Turbiedad .....</b>	<b>28</b>
<b>3.4.3.1. Significado sanitario.....</b>	<b>29</b>
<b>3.4.4. Temperatura.....</b>	<b>29</b>
<b>2.4.5. Sólidos.....</b>	<b>30</b>
<b>2.4.5.1. Sólidos Totales.....</b>	<b>30</b>
<b>2.4.5.2. Sólidos Disueltos .....</b>	<b>30</b>
<b>2.4.5.3. Sólidos Suspendidos.....</b>	<b>31</b>

2.4.6. Conductividad .....	31
2.4.6. Salinidad.....	32
2.4.7. Alcalinidad .....	32
2.4.7.1. Significado Sanitario .....	33
2.4.8. Acidez .....	34
2.4.8.1. Importancia sanitaria del $\text{CO}_2$ y de la acidez mineral .....	34
2.4.9. Dureza.....	35
2.4.10. pH.....	35
2.4.11. Cloruros.....	36
<b>2.5. PARAMETROS MICROBIOLÓGICO .....</b>	<b>37</b>
2.5.1. Bacteriología.....	37
2.5.1.1. Elementos de Microbiología y Bacteriología.....	37
2.5.1.2. Esterilización .....	38
2.5.2. Microbiología del Agua.....	39
2.5.2.1. De origen bacterial.....	39
2.5.2.2. Virus.....	39
2.5.2.3. Característica biológica del agua.....	40
<b>2.6. EXAMEN BACTERIOLÓGICO DEL AGUA .....</b>	<b>40</b>
2.6.1. Grupo Coliforme.....	41
2.6.1.1. Coliformes Totales .....	42
2.6.1.2. Coliformes Fecales .....	43
2.6.1.3. E. Coli .....	43
<b>2.7. ELEMENOS DE VIGILANCIA Y CONTROL .....</b>	<b>44</b>
<b>2.8. NORMAS PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DEL AGUA.....</b>	<b>45</b>
2.8.1. Estándares de calidad del agua para consumo humano.....	45
2.8.2. Estándares de calidad ambiental y límites máximos permisibles .....	46
2.8.2.1. Estándar de calidad ambiental (ECA).....	46
2.8.2.2. Límite máximo permisible (LMP).....	46
<b>2.9. RECOLECCION, PRESERVACION Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS.....</b>	<b>47</b>
<b>2.10. FILTRO LENTO DE ARENA .....</b>	<b>48</b>
2.10.1. Mecanismo de la filtración .....	50
2.10.2. Factores que influyen la filtración .....	51
2.10.3. Características del medio filtrante .....	51

2.10.3.1. Tipo del medio filtrante. ....	51
2.10.3.2. Características granulométricas del material filtrante .....	51
2.10.3.3. El espesor de la capa filtrante .....	52
2.10.4. Ventajas de los filtros lentos .....	52
<b>III. MATERIALES Y METODOS .....</b>	<b>53</b>
<b>3.1 ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>53</b>
3.1.1 Ubicación Política: .....	53
3.1.2 UBICACIÓN GEOGRAFICA: .....	53
3.1.3 Características Generales Del Distrito Paucarcolla.....	54
3.1.4 Aspecto Socioeconómico .....	54
3.1.5 Servicios Vitales.....	54
3.1.6 Acceso .....	56
<b>3.2 METODOLOGÍA PARA EL DIAGNOSTICO Y LA PURIFICACION DE LAS AGUAS DEL RIO TOTORANI.....</b>	<b>56</b>
3.2.1 recolección de muestras de agua .....	57
<b>3.3 Diagnostico del agua cruda del río Totorani .....</b>	<b>58</b>
3.3.1 Estrategia de purificación del agua con el uso de filtros.....	60
3.2.3 Implemento del plan piloto (filtro lento) .....	60
3.2.3.1 Instalación del filtro lento .....	61
3.2.3.2 Ubicación del material filtrante (arena) .....	62
3.2.4 Etapa de maduración.....	66
3.2.5 Muestreo y análisis del agua tratada .....	66
<b>3.3 MATERIALES.....</b>	<b>68</b>
3.3.1 Equipos .....	69
3.3.2 Material de escritorio .....	69
3.3.3 Insumos .....	69
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....</b>	<b>70</b>
<b>4.1 DIAGNOSTICO ACTUAL DEL RIO TOTORANI.....</b>	<b>70</b>
<b>4.2 IMPLEMENTACION DE FILTROS LENTOS DE ARENA.....</b>	<b>70</b>
<b>4.3 LA CALIDAD DEL AGUA EN BASE A LOS PARÁMETROS PERMISIBLES CON FINES DE CONSUMO HUMANO. ....</b>	<b>71</b>
4.3.1 Balance Gráficos de los parámetros físico Químicos de turbiedad y sólidos totales frente a las muestras de agua.....	73
4.3.1.1 Turbiedad .....	73
4.3.1.2 Sólidos Totales.....	74

4.3.2 Balance gráfico de los parámetros microbiológicos de coliformes totales y e. coli, frente a las muestras de agua. ....	75
4.3.2.1 Coliformes Totales.....	75
4.3.2.2 E. Coli .....	76
4.3.3 Relación entre el análisis microbiológico y el filtro de arena fina en la purificación del agua del rio Totorani.....	77
4.3.3.1 Coliformes Totales con filtro lento de arena fina.....	77
4.3.3.2 E.Coli entre filtro lento de arena fina.....	77
<i>FUENTE: ELABORACION PROPIA</i> .....	78
4.4.1 Nivel de eficacia .....	78
<b>4.5 PRUEBA DE HIPOTESIS.....</b>	<b>79</b>
<b>4.5.1 Relación entre las muestras del agua y el análisis físico químicos en parámetros de turbiedad y sólidos totales.....</b>	<b>79</b>
4.5.1.1 Relación entre el filtro con arena fina y filtro con arena gruesa con respecto a la turbiedad y sólidos totales. ....	81
4.5.2 Prueba de hipótesis para el análisis microbiológico de los parámetros de coliformes totales y e.coli frente a las muestras. ....	82
4.5.3 DIFERENCIA MICROBIOLOGICA ENTRE FILTRO CON ARENA FINA Y FILTRO CON ARENA GRUESA. ....	85
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>87</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>88</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>89</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>91</b>

- Fotografías.
- Certificados de análisis:
  - Físico – químico
  - Microbiológico
- Certificado de análisis granulométrico.



## RELACION DE TABLAS

Tabla 1: Contaminantes orgánicos más frecuentes	22
Tabla 2: Clasificación de sustancias establecidas por la OMS	25
Tabla 3: Temperaturas del agua	30
Tabla 4: Requerimientos nutricionales de los microorganismos	38
Tabla 5: Enfermedades producidas por los virus	40
Tabla6: límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos	45
Tabla 7: Valores guía para verificación de la calidad microbiana	45
Tabla 8: Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organofeptica	46
Tabla 9: Límites máximos permisibles en compuestos y elementos perjudiciales en agua	
Tabla 10: Recipiente, tipo de preservación y tiempo de almacenamiento de muestras	48
Tabla 11: Del centro internacional de referencia para abastecimiento publico de agua de la OMS	52
Tabla 12: Análisis físico químico del rio Totorani agua cruda	59
Tabla 13: Análisis microbiológico del rio Totorani agua cruda	60
Tabla 14: Análisis granulométrico para filtro nº 1 con arena fina	63
Tabla 15: Análisis granulométrico para filtro nº 2 con arena gruesa	65
Tabla:16: Resultados de 1era muestra del análisis físico químicos de los filtros	67
Tabla 17: Resultados de 1er análisis microbiológico del filtro	67
Tabla 18: Resultados de 2da muestra del análisis físico químicos de los filtros	67
Tabla 19: Resultados de 2do análisis microbiológico del filtro	68
Tabla 20: Resumen de rangos de calidad de agua en fuentes superficiales	71
Tabla 21: Datos fisicoquímicos de las muestras del rio Totorani	72
Tabla 22: Datos del análisis microbiológico de las muestras del rio Totorani	72
Tabla 23 Datos para el análisis de la investigación	73
Tabla 24: Porcentajes de eficiencia de los filtros	78
Tabla 25: Estadísticos de muestras relacionadas	79
Tabla 25: Prueba de muestras relacionadas	80
Tabla 27: Estadísticos de muestras relacionadas	81
Tabla 28: Prueba de muestras relacionadas	81
Tabla 29: Media microbiológico	82
Tabla 30: Prueba anova de un factor	83
Tabla 31: Comparaciones múltiples de Tukey	84
Tabla 32: Subconjuntos homogéneos HSD de TUKEY	84
Tabla 33: Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	85

## RELACIÓN DE GRAFICOS

Grafico 1: Mapa departamental de Puno	55
Grafico 2: Imagen referencial de un filtro lento de arena	60
Grafico 3: Curva granulométrica de filtro nº 1 arena fina	64
Grafico 4: Curva granulométrica para filtro nº 2 con arena gruesa	65
Grafico 5: Turbiedad	74
Grafico 6: Sólidos Totales	74
Grafico 7: Coliformes Totales	75
Grafico 8: e. Coli	76
Grafico 9: Linea de tendencia de Coliformes Totales entre filtro con Arena Fina	77
Grafico 10: Linea de tendencia de E.Coli con arena fina	77
Grafico 11: Comparación de eficacia de los filtros lentos de arena	78
Grafico 12: eficacia de turbiedad y Sólidos totales	80
Grafico 13: diferencia de muestras	84

## RELACION DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1: Ubicación satelital del lugar de la investigación rio Totorani	56
Fotografía 2: Presencia de animales en el rio Totorani	59
Fotografía 3: armado del filtro lento de arena	61
Fotografía 4: instalación del filtro en el lugar de la investigación	61
Fotografía 5: lavado de arena	62
Fotografía 6: introducción de grava	62
Fotografía 7:recojo de muestras	66
Fotografía 8: Presencia de animales en el rio Totorani como Porcinos, Ovinos y Vacunos	91
Fotografía 9: Contaminación del rio Totorani por los las heces de los animales	91
Fotografía 10: Muestra de turbiedad del rio Totorani	92
Fotografía 11: Camara humeda donde se muestra la clara turbiedad con que sale el agua	92
Fotografía 12: Preparación del filtro lento con los respectivos materiales	93
Fotografía 13: Llegada al lugar de la Captación para instalar los filtros pilotos	93
Fotografía 14: Lugar de la Captación y viendo el lugar donde se ubicaran los filtros	94
Fotografía 15: Preparación del terreno, nivelado y apisonado para la ubicación de los filtros .	94
Fotografía 16: Colocado del 1er filtro de arena fina	95
Fotografía 17: Lavado de la grava que va en la base del filtro	95
Fotografía 18: Puesta de grava en la base el filtro	96
Fotografía 19: Suministrando agua a los filtros	96
Fotografía 20: Visualizando la salida del agua del filtro	97
Fotografía 21: Ultimando los detalles de la instalación de los filtros	97
Fotografía 22: Observando la presencia de animales cerca al lugar de la investigación	98
Fotografía 23: Primera muestra recogida	98
Fotografía 24: muestras recogidas	99
Fotografía 25: Segunda muestra recogida	99

## RESUMEN

Esta investigación se realizó con el propósito de encontrar la manera, y el método más óptimo y menos costoso económicamente, para obtener agua apta para el consumo humano para las comunidades del distrito de Paucarcolla. El problema parte de los agentes contaminantes en el río Totorani, como son: la turbidez y la presencia significativa de coliformes totales y fecales dentro de este se encuentra (E. Coli). Estos parámetros se encuentran fuera de los límites permisibles dados por la OMS y el reglamento de calidad de agua para consumo humano dados por DIGESA.

El proyecto de investigación consistió en plantear objetivos claros, como diagnosticar y purificar las aguas del río Totorani, con respecto a los parámetros mencionados, mediante el uso de filtros lentos de arena, puesto que estos filtros son sencillos y fáciles de construirlos, además no demandan de mucho presupuesto para una zona rural.

Consiste en hacer pasar el agua cruda através de un material poroso de arena, de tal manera se reducen los altos índices de turbiedad, coliformes totales y fecales, luego diagnosticar el grado de contaminantes mediante un análisis físico-químico y microbiológico del afluente y efluente de los filtros.

Para esto, se implemento dos filtros pilotos de arena en cilindros de 55 galones en el lugar de la investigación del río Totorani con arena simple de granulometría determinada para cada uno, posterior a esto, se paso a la etapa de maduración del filtro por ocho días, el cual consiste en el desarrollo microbiológico de la capa filtrante y el asentado del material filtrante para un optimo funcionamiento, durante este periodo se abasteció de agua diariamente a los filtros. Seguidamente se obtuvo la primera y segunda muestra del agua

filtrada para ser analizadas en laboratorio de aguas para ver los comportamientos de los filtros usados en la purificación con respecto a la turbiedad y coliformes.

Una vez obtenido los resultados de los análisis de laboratorio del agua cruda del río Totorani y de los filtros implementados. Se realizó comparaciones en cuanto a la eficacia, en el control de la turbiedad y la retención de coliformes teniendo como resultados. Que el uso del filtro lento con arena fina fue el más optimo frente al filtro con arena gruesa, en la purificación del agua del rio Totorani en los parámetros de: turbidez llegando al control de un 96.67%, en la retención de coliformes totales a un 99.24% y la detención de la bacteria E.Coli en un 98.04% . Lo cual se demuestra que el uso del filtro lento con arena fina es práctico en el control de la turbiedad, coliformes totales y fecales.

Los análisis físico-químico y microbiológicos de las muestras obtenidas tanto como del agua cruda y de los efluentes de los filtros lentos de arena, se comprueba que la implementación de los filtros de arena tuvieron un comportamiento positivo a los límites permisibles dados por la organización mundial de salud OMS y DIGESA.

## INTRODUCCION

El agua es el componente más importante de nuestro planeta, gracias a ella se ha producido la aparición y el mantenimiento de la vida en la forma que hoy conocemos. Constituye entre el 50 y 90 % de todos los organismos vivos. También es el componente más abundante del planeta tierra, ocupa el 70% de la superficie, a pesar de lo cual, solo el 3% es agua dulce apto para consumo humano, pero en los últimos años estos se han visto contaminados por acción del hombre que pone en peligro la vida.

El río Totorani no se salva de esta problemática, puesto que también es contaminada por: residuos sólidos y principalmente por el estiércol de los animales que se encuentran alrededor del río pese a esta situación se capta sus aguas para dotar de agua potable a una parte de la ciudad de Puno pero con tratamiento para llegar a los estándares de calidad de aguas por la organización mundial de la salud (OMS). Y otras entidades que están involucrados con la salud pública.

También, las aguas del río Totorani son captadas, para las dotaciones de agua potable a las comunidades del distrito de Paucarcolla, pero sin ningún tipo de tratamiento lo cual pone en riesgo la salud de estos pobladores especialmente en niños y ancianos por tener pocas defensas en su organismo, donde los resultados de los análisis bacteriológicos indican que estas aguas no son apto para el consumo humano según las tablas de la OMS y DIGESA, por tal motivo se requiere de un tratamiento adecuado para reducir esto el nivel de contaminación y poner en estándares de calidad optima para consumo humano.

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es uno de los bienes más importantes y escasos que tienen las personas alrededor del mundo, nuestro país no es una excepción; muchas de nuestras poblaciones se ven obligados a beber de fuentes cuya calidad deja mucho que desear y produce un sin fin de enfermedades a niños y adultos.

En la población de Paucarcolla sus habitantes no saben la significancia de la calidad de agua que consumen sin embargo esto les ocasionaría molestias como infecciones gastrointestinales y en los menores pérdida de peso y hasta enfermedades diarreicas agudas y en algunos casos la muerte, estos a causa de beber agua contaminada sin ningún análisis físico-químico y bacteriológico, y menos con un tratamiento adecuado. Para este caso lo más importante es determinar tres aspectos importantes del agua para consumo humano : color, olor y sabor, en términos técnicos incoloro, inodoro e insípido respectivamente. En lo cual se ha realizado un análisis físico químico y bacteriológico al agua captada del rio Totorani, donde se encontró deficiencias como: agua turbia fuera de los estándares de calidad que recomienda la organización mundial de la salud OMS, además la presencia de Coliformes totales y fecales en altos volúmenes que tampoco están dentro de los parámetros exigidos por la OMS.

Por tal razón se pretende purificar las aguas del rio Totorani mediante el uso de filtros lentos de arena, que han sido utilizados en muchos países sub desarrollados como el nuestro, cumpliendo un rol importante en la reducción de la turbidez y la eliminación de Coliformes totales y Coliformes fecales, y por ser menos costoso y de fácil operación.

## 1.2 Antecedentes

En cuanto a los antecedentes de este tipo de investigación relacionados a la calidad del agua en ríos tenemos la tesis titulada. “EVALUACION DE CALIDAD DE AGUA DEL RÍO COATA PARA FINES DE RIEGO” realizado por el Ing., Vicente Fredy Soncco Quispe en el año 2010.

Su objetivo principal es:

- Evaluar la calidad de aguas del río Coata con fines de riego.

Objetivos específicos:

- Realizar el diagnostico de la situación actual en que se encuentra el río Coata, en el punto de salida de los afluentes de la ciudad de Juliaca.

Este estudio dio las siguientes conclusiones:

- La calidad de las aguas del río Coata, para fines de usos agrícolas y básicamente de riego en el cultivo forrajero es apto según los límites permisibles, pero debe de tenerse cuidado en la salud de los seres vivos. Que son indirectos consumidores en el ámbito de estudio

Por otro lado tenemos una investigación nacional, por la Universidad Nacional De San Antonio De Abad Del Cusco “PURIFICACION DE AGUA POR MEDIO DE FILTROS LENTOS DE ARENA EN LA COMUNIDAD DE KUYCHIRO CUSCO”. Elaborado por docentes del departamento académico de física-laboratorio.

Para el caso de la investigación el objetivo principal es:

- Purificar el agua del río kuychiro para consumo humano por el método de filtros lentos de arena, y verificar que pueda utilizarse para consumo humano.

A la conclusión que llegó esta investigación fue:

- El análisis físico químico cumple con las especificaciones técnicas de la OMS, lo cual hace apto para consumo humano y en cuanto a los Coliformes totales estos bajaron en un 80.91% y un 67.39% en Coliformes termo tolerantes.

### 1.3 JUSTIFICACION

El agua dulce es un recurso limitado. La proporción utilizable de este recurso es menor al 1% del total y 0.01% de todo el agua sobre la tierra. Según la OMS, cada año mueren casi tres millones y medio de seres humanos, y en su mayoría niños con enfermedades diarreicas agudas (EDA) que son frecuentemente originadas por falta de servicios de agua potable con adecuado tratamiento.

Por esta razón es importante que se establecen técnicas y estrategias que ayudarán el proceso de la purificación de agua para el consumo humano, una de estas técnicas es el uso de filtros lentos de arena que son sistemas sencillos y efectivos, donde el agua pasa a través de lechos de capas de grava de arena de diferentes tamaños las cuales retienen las impurezas patógenas que contienen. Esto ayudara a evitar enfermedades gastrointestinales en las comunidades del distrito de Paucarcolla y garantizar una calidad de vida digna y sin riesgos en la salud.

Los filtros de arena son de fácil construcción y bajo costo económico no necesitan técnicos para su operación y mantenimiento, lo puede realizar los mismos pobladores del sector de tal forma garantizara la calidad del agua y la salud humana.

Esta investigación busca encontrar la forma adecuada de purificar el agua con el uso del filtro lento de arena para mejorar la calidad de vida de las comunidades del distrito de Paucarcolla en cuanto a la salud. Con una dotación de agua potable que esté libre de contaminantes y sea apta para el consumo humano.

Por la misma razón deberá plantearse lo antes posible a las autoridades competentes del sector para que tomen en cuenta. Que el agua del río Totorani necesita una planta de tratamiento para purificar sus aguas y de esa forma se estará garantizando la salud de esta población.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo general**

- Diagnosticar y purificar la calidad del agua del río Totorani, por medio de la utilización de filtros lentos de arena, en la captación del sistema de abastecimiento de agua potable del distrito de Paucarcolla.

### **1.4.2 Objetivos específicos**

- Diagnosticar el grado de contaminantes del agua cruda mediante un análisis físico químico y microbiológico del río Totorani y su efluente actual en la captación.
- Implementar dos filtros lentos de arena fina y gruesa con granulometría establecida (pilotos), para contrastar el comportamiento en la reducción de parámetros de turbidez, coliformes totales y coliformes fecales en ambos filtros, para determinar el nivel de eficacia.



## GLOSARIO DE TERMINOS

**AFLUENTE:** Líquido que ingresa a un componente.

**AGUA CRUDA:** agua no sometida al proceso de tratamiento.

**BACTERIAS:** pequeñísimos organismos vivos, formado por una sola célula.

**COLIFORMES FECALES:** parte del grupo Coliforme. Son definidas como bacilos gram-negativos.

**COLIFORMES TOTALES:** microorganismos en tracto intestinal del hombre y de los animales.

**DESINFECCIÓN:** Proceso que consiste en eliminar los microorganismos patógenos presentes en el agua.

**EFLUENTE:** Líquido que sale de un proceso de tratamiento.

**FILTRACIÓN:** proceso de pasar el agua a través de un medio poroso con la esperanza que tenga una calidad mejor que el afluente.

**MADURACIÓN DEL FILTRO:** edad del desarrollo microbiológico de la biomembrana y del medio filtrante.

**MICROORGANISMOS:** Especies vivientes de tamaños microscópicos.

**MÚLTIPLES ETAPAS DE TRATAMIENTO:** Implica tener más de una etapa de tratamiento.

**SÓLIDOS TOTALES:** materia que permanece como residuo después de evaporación y secado a 103°C.

**TURBIEDAD:** Falta de Claridad de un líquido.

### ABREVIATURAS

**ECA:** Estándar de calidad ambiental.

**EDA:** enfermedades diarreicas aguda

**FLA:** filtro lento de arena

**LMP:** Límite máximo permisible.

**NCAB:** norma de calidad de agua de bebida.

**NMP:** numero más probable

**OMS:** organización mundial de la salud

**UCV:** Unidad de color verdadero

**UFC:** unidad formadora de colonias

**UNT:** Unidad nefelométrica de turbiedad

## II.MARCO TEORICO

### 2.1. CALIDAD DE LAS AGUAS

**Agüero, R. (2003)**, el agua potable es aquella que al consumirla no daña el organismo del ser humano ni daña los materiales al ser usados en la construcción del sistema.

Los requerimientos básicos para que el agua sea potable, son: estar libres de organismos patógenos causantes de enfermedades, no contener compuestos que tengan un efecto adverso, agudo o crónico sobre la salud humana, ser aceptablemente clara (por ejemplo: baja turbidez, poco color, etc.), no salina, que no contenga compuestos que causen sabor y olor desagradables, que no cause corrosión o incrustaciones en el sistema de abastecimiento de agua.

En cada país existen reglamentos en los que se consideran los límites de tolerancia en los requisitos debe satisfacer una fuente. Con la finalidad de conocer la calidad del agua de la fuente que se pretende utilizar se deben realizar los análisis físicos químicos y bacteriológicos, siendo necesario tomar muestras de agua siguiendo las instrucciones que se dan.

**Lampoglia, T. (2011)**, indica la calidad de agua debe ser evaluada antes de la construcción del sistema de abastecimiento. El agua en la naturaleza contiene impurezas, que pueden ser de naturaleza físico-química o bacteriológica y varían de acuerdo al tipo de fuente. Cuando las impurezas presentes sobrepasan los límites recomendados, el agua deberá ser tratada antes de su consumo. Además de no contener elementos nocivos a la salud, el agua no debe presentar características que puedan rechazar el consumo.

Se define como agua potable aquella que atiende a los siguientes requisitos:

- Libre de microorganismos que causen enfermedades.
- Libres de compuestos nocivos a la salud.
- Aceptable para consumo, con bajo contenido de color, gusto y olor aceptables, y
- Exenta de compuestos que causen corrosión o incrustaciones en las instalaciones sanitarias.

**Seoanez , M. (1995)**, la calidad de agua está determinada por la hidrología, la físico-química y la biología de la masa de agua a que se refiera. Las características hidrológicas son importantes ya que indican el origen, cantidad del agua y el tiempo de permanencia, entre otros datos.

La cantidad y la temperatura también son importantes a la hora de analizar las causas que ocurren para que el agua presente una calidad u otra. Lógicamente, para una cantidad de contaminantes dadas, cuanto mayor sea la cantidad de agua receptora mayor será la dilución de los mismos, y la pérdida de la calidad será menor. Por otra parte, la temperatura tiene relevancia ya que los procesos de putrefacción y algunas reacciones químicas de degradación de residuos potencialmente tóxicos se pueden ver acelerados por el aumento de la temperatura.

### 2.1.1. Índices de calidad del agua

**Hernández, M. (1994)**, los índices de calidad de agua debido a la cantidad de parámetros que participan en el diagnóstico de la calidad de agua y a lo complejo y a lo complejo que esto puede llegar a ser, se han diseñado índices para sintetizar la información proporcionada por estos parámetros.

Los índices tienen el valor de permitir la comparación de la calidad en diferentes lugares y momentos, y de facilitar la valoración de los vertidos contaminantes y los procesos de auto purificación. Dichos índices constan de los valores de diferentes parámetros preseleccionados a los que se aplica un “peso” o importancia relativa en el total del índice. Para su cálculo se seleccionaron, en el caso de Estados Unidos, el oxígeno disuelto, los coliformes fecales, el pH, la DBO, los nitratos, los fosfatos, el incremento de temperatura, la turbidez y los sólidos totales. En España se diseñó el índice de calidad con el oxígeno disuelto, los coliformes, el pH, el consumo de permanganato potásico, el amonio, los cloruros, el incremento temperatura, la conductividad y los detergentes.

## 2.2. IMPACTO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA SALUD

**Solsona, F. (2002)**, Indica que el agua tiene una estrecha relación con la vida humana por su utilidad directa y por ser un elemento esencial para la conservación de ecosistema. Es también un agente básico de salud o enfermedad.

Tener acceso a un agua segura es fundamental para la salud de las personas ya que si está contaminada se convierte en uno de los principales vehículos de transmisión de enfermedades, las que afectan a los grupos más desprotegidos de la población, entre ellos a los niños.

Las enfermedades transmitidas por el agua, especialmente las diarreas, se encuentran entre las principales causas de morbilidad y mortalidad en la mayoría de los países en desarrollo. Los niños pueden contraer esas enfermedades al beber agua contaminada, pues los microorganismos que causan esas enfermedades son ingeridos con el agua.

Es importante señalar que la magnitud y el peso de la planificación inapropiada, representa sobre la calidad de vida de los individuos y sobre la economía de la humanidad en su conjunto.

### 2.2.1. Enfermedades que produce el agua

La población de escasos recursos económicos sufre frecuentemente enfermedades vinculadas a la falta de agua limpia y de servicios de saneamiento, entre ellos el EDA (enfermedades diarreicas agudas) y enfermedades cutáneas que juntas son responsables especialmente en la mortandad de niños y ancianos en un 26% a nivel mundial. El agua puede transmitir enfermedades entéricas (intestinales), debido al contacto con desechos humanos o de animales, es la fuente principal de patógenos entéricos: excrementos y otros desechos eliminados por humanos enfermos y sus animales huéspedes.

Las enfermedades hídricas más importantes son producidas por:

- Bacterias: Shigella, Salmonella y Escherichia, Citrobacter, Enterobacter, Aerogenas, etc.
- Virus: aquellos relacionados con la Hepatitis y la Gastroenteritis.
- Protozoos: Giardia, Lambia, Entamoeba, Histolytica.

### 2.3. CONTAMINACION DEL AGUA

**Arellano, J. (2002)**, sostiene a la contaminación del agua como la presencia de sustancias u organismos extraños en un cuerpo de agua en tal cantidad y con tales características que impiden su utilización con propósitos determinados. La contaminación puede ser natural o antropogenica, sin embargo existen dos tipos de tratamiento de agua: el tratamiento de aguas para su acondicionamiento al consumo humano, ya que el agua tal y como se encuentra en la naturaleza no puede ser utilizada por el hombre, dado que puede contener sustancias que provocan daños en la salud, y el tratamiento de aguas residuales, que se avoca a disminuir la gran cantidad de contaminantes de agua una vez que fue utilizada por el hombre para actividades agrícolas, industriales o domesticas. Ambos tratamientos tienen los mismos principios pero el tratamiento de agua residuales es más complejo debido a que la cantidad de contaminantes contenidos es más alta.

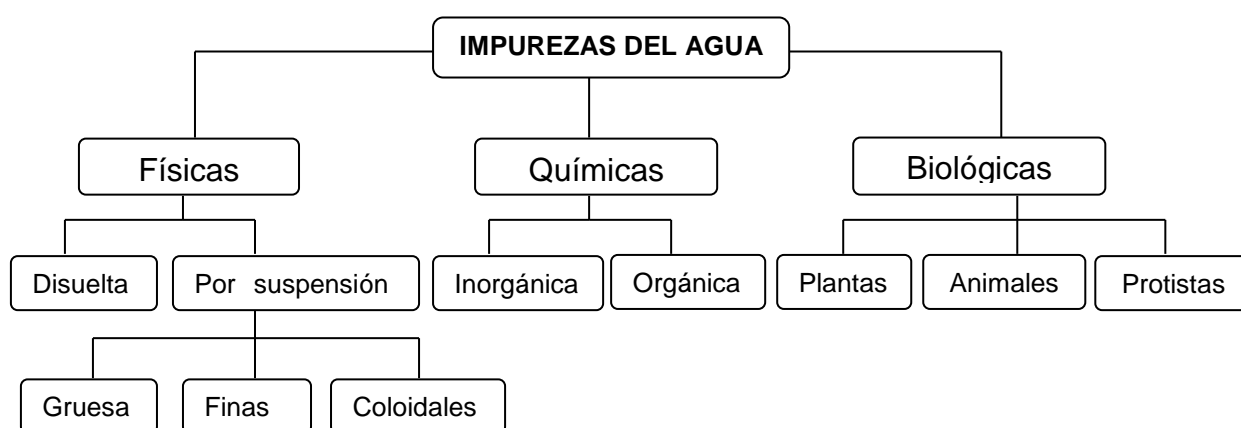


Tabla 1: Contaminantes orgánicos más frecuentes

FUENTE O ACTIVIDAD	CONTAMINANTE ORGANICO
Desechos humanos	Excremento, urea
Desechos alimenticios	Azucares, almidones, alcoholes, grasas, aceites, etc.
Basura	Papel, cascara, hojas de té, café molido.
Misceláneos	Jabones, detergentes, shampoos.
Agricultura	Pesticidas.
Actividades industriales	Son los importantes y más variados.
Farmacéutica y petrolera	Gama enorme de diferentes contaminantes, cada uno en una concentración pequeña.
Otras industrias <ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesadora de papel</li> <li>• Faenadora de aves</li> <li>• Manufacturas de alimentos</li> </ul>	Producen generalmente concentraciones muy elevadas de un único tipo de contaminantes. Celulosa Sangre Azucares

*Fuente: Organización Mundial De La Salud (OMS).*

**Solsona, F. (2002)**, define que el agua se contamina cuando se echan residuos o materiales contaminantes a las fuentes de agua. Puede ser una industria que vierte los desechos de sus procesos químicos al río; puede ser un agricultor que emplea sustancias tóxicas para eliminar plagas o hierbas en sus cultivos; puede ser una persona que deposita basura en los ríos o lagos, y hasta nosotros mismos en nuestras casas cuando arrojamos por el inodoro pinturas, aceites o sustancias venenosas. Es decir, desde las grandes empresas, los agricultores, mineros y a cada uno de nosotros, todas las personas tienen algún grado de responsabilidad en relación con la contaminación y si bien es cierto que algunos contaminan más que otros, en realidad, todos somos contaminantes potenciales. Dicho de otro modo, el cuidado y protección de la calidad de agua es responsabilidad de todos.

Desde el punto de vista de la salud, la contaminación más importante es la microbiológica y las fuentes de esa contaminación son las que deben vigilarse con mayor atención. La calidad del servicio es investigar los valores máximos de contaminantes que puede tener determinada agua, es verificar su calidad a

fin de decidir si la misma es buena o mala, segura o no segura. Pero es importantes dar un paso más allá y evaluar cuales son las probabilidades de que esa agua, que eventualmente en el momento de la prueba podría tener una calidad aceptable, deje de ser segura en pocos días u horas.

Además de los valores de calidad, un buen servicio debe cumplir con los siguientes requisitos que son los denominados “requisitos de las siete C”.

- Calidad: significa que el agua debe estar libre de elementos que la contaminen a fin de evitar que se convierta en un vehículo de transmisión de enfermedades.
- Cobertura: significa que el agua debe llegar a todas las personas sin restricciones, es decir que nadie debe quedar excluido de tener acceso al agua de buena calidad.
- Cantidad: se refiere a la necesidad de que las personas tengan acceso a la cantidad suficiente de agua para su uso personal, para los usos necesarios en su hogar y otros que demanden sus necesidades.
- Continuidad: significa que el servicio de agua debe llegar en forma continua y permanente, pues en suministro por horas puede generar problemas de contaminación en las redes de distribución.
- Condición: se refiere a las condiciones en se encuentran las instalaciones que llevan el agua a la escuela y en donde se mantiene almacenada. Tiene que ver con la situación de seguridad ante la contaminación, el estado de limpieza de las instalaciones, sobre todo de los tanques y depósitos, y el estado físico general, incluidas las fugas, roturas, pérdidas, etc.
- Cultura hídrica o cultura del agua: significa que las personas, al reconocer el valor del agua y su relación con la salud, deben hacer un uso racional de ella, preservándola adecuadamente para evitar su contaminación y tomando las medidas sanitarias para asegurar el consumo de las futuras generaciones. Quien tiene cultura hídrica reconoce el costo de producir agua potable y está dispuesto a pagar ese costo de buen grado.

### 2.3.1. Sustancias que contaminan el agua

**Solsona, F. (2002)**, indica que las sustancias presentes en el agua se pueden clasificar de acuerdo con sus características químicas, físicas o microbiológicas o según otras características asociadas con sus usos, funciones o condición física. Por lo tanto, es posible tener varios sistemas de clasificación.

La clasificación recomendada por la organización mundial de la salud (OMS) para los contaminantes es la siguiente:

- Contaminantes microbiológicos
- Contaminantes químicos (relacionados con la salud)
  - ✓ Inorgánicos
  - ✓ Orgánicos (excluidos los plaguicidas)
  - ✓ Plaguicidas
  - ✓ Desinfectantes y subproductos de la desinfección.
- Contaminantes organolépticos.

El primer grupo de contaminantes microbiológicos incluye a los protozoarios, parásitos, bacterias, virus y otros seres que no se pueden ver a simple vista (algunos se pueden ver con microscopios y otros solo con microscopios muy especiales). Estos contaminantes tienen un enorme impacto en la salud pública, pues son los principales responsables de las diarreas.

La OMS, publica anualmente el “informe sobre la salud mundial”, cuyas estadísticas epidemiológicas muestran que las diarreas tienen los más altos índices de mortalidad para la raza humana, dicho en otras palabras, las diarreas son la primera causa de enfermedad en las personas.

Como existen tantos microorganismos que pueden estar presentes en el agua, cuando se quiere saber si hay contaminación microbiana no se podría investigar la presencia de todos ellos. Por eso se han tomado organismos microbiológicos “indicadores” y cuando se analiza determinada muestra de agua, solo se investiga la presencia de estos indicadores. Para las bacterias, los dos indicadores que se utilizan más frecuentemente son los coliformes totales y los coliformes fecales. La primera indica una contaminación genérica, mientras que la segunda significa que el agua está contaminada con heces.



El agua puede contener sustancias químicas inorgánicas disueltas muy diversas. Sin embargo, las de mayor importancia o que afectan la salud en primer grado son los fluoruros, arsénico, nitratos, plomo, mercurio, bario y cromo. Cuando estas sustancias están en el agua de consumo humano pueden causar enfermedades graves, aun cuando la exposición haya sido por corto tiempo.

Hay una larga lista de sustancias químicas orgánicas de importancia para la salud y lo mismo ocurre con los plaguicidas y los productos de la desinfección. Estas sustancias pueden causar enfermedades peligrosas, como el cáncer y malformaciones, pero en general se requiere que el consumo de agua con estos productos se haya efectuado durante un considerable tiempo.

Las sustancias organolépticas son aquellas que cambian las características del agua que afectan los sentidos, como el sabor, el olor y el color, pero que no constituyen riesgos graves para la salud.

Si se hiciera una escala de la peligrosidad de las aguas en relación con la salud humana, se podría decir que de más riesgosas a menos riesgosas las sustancias que contaminan las aguas destinadas al consumo son:

**Tabla 2: Clasificación de sustancias establecidas por la OMS**

GRUPOS DE SUSTANCIAS	RIESGO PARA LA SALUD
MICROBIOLÓGICAS	MUY ALTO
INORGANICAS	ALTO
ORGANICAS	BAJO
ORGANOLEPTICAS	MUY BAJO

*Fuente: Organización Mundial De La Salud - OMS*

#### 2.4. PARAMETRO FISICO-QUIMICO DE CALIDAD DE AGUA

**Arellano, J (2002)**, sostiene que los parámetros físicos de la calidad del agua, son los que definen las características del agua que responden a los sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato como pueden ser los sólidos suspendidos, turbiedad, color, sabor, olor y temperatura.

### 2.4.1 Color

**Romero, J. (2000);** las causas más comunes del color de agua son la presencia de hierro y manganeso coloidal o en solución; el contacto del agua con desechos orgánicos , hojas, maderas, raíces, etc. en diferentes estados de descomposición ,y la presencia de taninos ,acido húmico y algunos residuos industriales .el color natural en el agua existe principalmente por efecto de partículas coloidales cargadas negativamente ; debido a esto, su remoción puede lograrse con ayuda de un coagulante de una sal de ion metálico trivalente como el  $Al^{+++}$  o el  $Fe^{+++}$ .

Dos tipos de color se reconocen en el agua: el color verdadero, ósea el color de la muestra una vez que su turbiedad asido removida, y el color aparente que incluye no solamente el color de las sustancias en solución y coloidales sino también al color debido al material suspendido. El color aparente se determina sobre la muestra original sin filtración o centrifugación previa.

En general, el termino color se refiere al color verdadero de agua y se acostumbra medirlo conjuntamente con el pH, pues la intensidad del color depende del pH. Normalmente el color aumenta con el incremento del pH.

**Jimeno, E. (1998);** sostiene, muchas aguas superficiales, especialmente las provenientes de zonas pantanosas, tienen a menudo un color tal que no son aceptables para usos domésticos o industriales sin tratamiento previo para eliminar el color.

Las sustancias colorantes resultan del contacto del agua con desechos orgánicos tales como hojas, madera, etc. En etapas variables de descomposición. Consiste de extractos vegetales de gran variedad: el acido húmico, taninos y humatos los cuales son producidos por la descomposición de la lignina.

El hierro algunas veces está presente como humato férrico y produce un color de gran intensidad. Algunas aguas subterráneas también tienen color, en especial debido al hierro.

#### 2.4.2. Olor y Sabor

**Romero, J. (2000)**; los olores y sabores en el agua frecuentemente ocurren juntos y en general son prácticamente indistinguibles, muchas pueden ser las causas de olores y sabores en el agua; entre las más comunes se encuentran: materia orgánica en solución, H<sub>2</sub>S cloruro de sodio, sulfato de sodio y magnesio, hierro y manganeso, fenoles, aceites producto de cloro, diferentes especies de algas hongos, etc. Un observador experimentado puede detectar la presencia de sales metálicas disueltas de Fe, Zn, Mn, Cu, K y Na, por medio del sabor sin embargo debe recordarse siempre que la sensibilidad no se obtendrán resultados consistentes de un día para otro.

La determinación del olor y el sabor en el agua es útil para evaluar la calidad de la misma y su aceptabilidad de parte del consumidor, para el control de los procesos de una planta y para determinar en muchos casos la fuente de una posible contaminación. Tanto como el sabor y el olor pueden describirse cuantitativamente y esto es muy útil especialmente en casos de reclamo del consumidor; en general los olores son más fuertes a altas temperaturas. el ensayo del sabor debe hacerse con muestras seguras para consumo humano existen diferentes métodos cuantitativos para expresar la concentración de olor y sabor .el método más usado consiste en determinar la relación de dilución a la cual el olor y sabor es apenas detectable, el valor de dicha relación se expresa como numero detectable de olor y sabor .

Así por ejemplo, el procedimiento para determinar el olor consiste en diluir muestras del agua por analizar, a 200mL, con agua destilada libre de olor, hasta encontrar la mayor dilución a la cual se alcanzo a percibir el olor. Quiere decir si la mayor dilución a la cual se alcanzo a percibir el olor fue de 5mL a 200, el numero detectable de olor será  $200/5=40$ .

En general en número detectable puede calcularse a si:

$$ND = \frac{A + B}{A}$$

DONDE:

A= mL de muestra

B= mL de agua libre de olor

### 2.4.3. Turbiedad

**Romero, J. (2000)**, la turbiedad es una expresión de la propiedad o efecto óptico causado por la dispersión e interferencia de los rayos luminosos q pasan a través de una muestra de agua; en otras palabras la turbiedad es la propiedad óptica de una suspensión q hace que la luz sea remitida y no transmitida a través de la suspensión. La turbiedad en un agua puede ser causada por una gran variedad de materiales en suspensión, que varían de tamaño desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas, entre otros, arcillas, limo, materia orgánica e inorgánica finalmente dividida, organismos planctónicos, microorganismos, etc.

Actualmente el método más usado para determinar la turbiedad es el método nefelométrico en el cual se mide la turbiedad un nefelómetro y se expresa los resultados en unidades de turbiedad nefelométrica, UTN. Con este método se compara la intensidad de la luz dispersada por la muestra con la intensidad de la luz dispersada por una suspensión estándar de referencia bajo las mismas condiciones de medida. Entre mayor sea la intensidad de la luz dispersada mayor será la turbiedad.

**Jimeno, E. (1998)**, indica el término turbidez se aplica a aguas que contiene materia suspendida que interfiere con el pase de la luz a través del agua o en la cual se restringe la profundidad visual.

La turbidez puede ser causada por una amplia variedad de materiales suspendidos, que varían de tamaño desde coloides a gruesas dispersiones dependiendo del grado de agitación. En los lagos o en otras aguas tranquilas, la mayor parte de la turbidez es debida a coloides y a dispersión extremadamente fina. En ríos bajo condiciones de crecientes, la mayor parte de turbiedad se debe a relativa dispersión de gruesa.

Desde que los ríos descienden desde las áreas montañosas a las llanuras, ellos reciben contribuciones de turbiedad de las granjas o haciendas y de otras operaciones que perturban el suelo. En época de crecientes, gran cantidad de superficies del suelo son lavadas y llevadas a cursos que las reciben. Mucho de este material es inorgánico en naturaleza, pero considerable cantidad de materia orgánica es incluida.

#### 3.4.3.1. Significado sanitario

En abastecimientos públicos el agua potable la turbiedad es una consideración importante, por las siguientes tres razones:

**Estética.-** Los consumidores de agua de los suministros públicos de agua potable, esperan y tienen el derecho de exigir agua de libre turbiedad.

**Poder de filtración.-** La filtración de agua se vuelve más difícil y costosa, cuando la turbiedad aumenta. El uso de filtros lentos de arena, no son prácticos en muchas áreas, debido a la alta turbiedad que origina bajo rendimiento del filtro y que incrementa el costo de limpieza.

**Desinfección.-** La desinfección de los abastecimientos públicos de agua potable, son realizados usualmente por medio del cloro. Para que sea efectivo debe haber contacto entre el cloro y los organismos que el desinfectante debe matar.

#### 3.4.4. Temperatura

**Romero, J. (2000)**, la determinación exacta de la temperatura es importante para diferentes procesos de tratamiento y análisis de laboratorio, puesto que, por ejemplo, el grado de saturación de OD, la actividad biológica y el valor de la saturación con carbonato de calcio se relacionan con la temperatura.

Para obtener buenos resultados, la temperatura debe tomarse en el sitio de muestreo. Normalmente, la determinación de la temperatura puede hacerse con un termómetro de mercurio de buena calidad. El termómetro debe sumergirse en el agua, preferiblemente con el agua en movimiento, y la lectura debe hacerse después de un periodo de tiempo suficiente que permita la estabilización del nivel del mercurio. Como el mercurio es venenoso debe

prevenirse cualquier posible rotura del termómetro en agua utilizada para consumo humano.

**Hilleboe, H. (2011)**

**Tabla 3: Temperaturas del agua**

ESCALA FAHRENHEIT	ESCALA CENTIGRADA
32 GRADOS (32°F) = 0 GRADOS	(0°) TEMPERATURA DE CONGELACION DEL AGUA
(212°F) =	(100°C) TEMPERATURA DE EBULLICION DEL AGUA
(68°F) =	(20°C) TEMPERATURA NORMAL
(98.6°F) =	(37°C) TEMPERATURA DE SANGRE DEL CUERPO HUMANO.

*Numero de grados Fahrenheit (°F) = 9/5°C + 32.*

*Numero de grados centígrados (°C) = 5/9 (°F-32).*

### 2.4.5. Sólidos

**Romero, J. (2000)**, sostiene que incluye que toda la materia, excepto el agua contenida en los materiales líquidos. En ingeniería sanitaria es necesario medir la cantidad del material sólido contenido en una gran variedad de sustancias líquidas y semilíquidas que van desde aguas potables hasta aguas contaminadas, aguas residuales, residuos industriales y lodos producidos en los procesos de tratamiento.

#### 2.4.5.1. Sólidos Totales

Se define como sólido la, materia que permanece como residuo después de evaporación y secado a 103°C. El valor total de los sólidos totales incluye material disuelto y no disuelto (sólidos suspendidos).

#### 2.4.5.2. Sólidos Disueltos

O residuo filtrante, son determinados directamente o por diferencia entre sólidos totales y los sólidos suspendidos. Si la determinación es directa, se filtra la muestra a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol Gooch; el filtrado se evapora en una capsula de peso conocido sobre un baño de maría y el residuo de la evaporación se seca a 103°C-105°C.

#### 2.4.5.3. Sólidos Suspendidos

Residuo no filtrante o material no disuelto: son determinación por filtración a través de un filtro de asbesto o de fibra de vidrio, en un crisol Gooch previamente pesado. El crisol con su contenido se seca a 103-105°C; el incremento del peso, sobre el peso inicial representa el contenido de sólidos suspendidos o residual no filtrante.

#### 2.4.6. Conductividad

**Romero, J. (2000)**, indica que la conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica. La conductividad del agua depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. Por lo tanto, cualquier cambio en la cantidad de sustancias disueltas, en la movilidad de iones disueltos y en su valencia, implica un cambio en la conductividad. Por ello, el valor de la conductividad es muy usado en análisis de agua para poder obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos.

La forma más usual de medir la conductividad en aguas es mediante instrumentos comerciales de lectura directa en umho/cm a 25° C con un error menor del 1%. La conductividad leída es igual a la conductividad eléctrica de la muestra medida entre caras opuestas de un cubo de 1cm, como se muestra.

La resistencia específica de un conductor es función de sus dimensiones y puede expresarse como:

$$C = \frac{RA}{L}$$

**Donde:**

C= resistencia específica, ohmio x cm

R= resistencia, ohmio

A= área de la sección transversal del conductor, cm<sup>2</sup>

L= longitud del conductor, cm

La conductividad específica de un conductor es igual al inverso de su resistencia específica, o sea:

$$K = \frac{1}{C} = \frac{L}{RA}$$

K= conductancia específica, mho/cm.

En otras palabras, la conductancia específica es la conductancia de un conductor de 1cm<sup>2</sup>, por lo tanto, numéricamente es igual a la conductividad.

**Arano, C. (2002)**, sostiene q la conductividad es la medida de la capacidad que tiene un material para conducir la corriente eléctrica .las soluciones nutritivas contienen partículas iónicas q llevan cargas y por lo tanto poseen esta habilidad .cuanto mayor es la cantidad de estos iones disueltos en el agua la conductividad de la solución resultante es mayor. Por lo tanto la medición da e la conductividad eléctrica de una solución nutritiva tiene una relación directa con la cantidad de materiales solidos disociados que hay disueltos en ella.

#### 2.4.6. Salinidad

**Romero, J. (2000)**, indica cuando el constituyente principal es cloruro de sodio y la concentración es mayor de lo usual, se dice que el agua es salina. La salinidad se puede expresar como el número de gramos de sal por kilogramo de muestra; por ello se expresa en partes por mil ‰. La medida de la salinidad supone que la muestra contiene una mezcla estándar de sal y de agua de mar. Los métodos estándar (20) la definen como los sólidos totales en el agua cuando todos los carbonatos han sido convertidos en óxidos, todos los bromuros y yoduros han sido remplazados por una cantidad equivalente de cloruros y toda materia orgánica ha sido oxidada. Numéricamente es menor q los sólidos disueltos, o residuo filtrante, y es un valor importante en aguas de mar y ciertos residuos industriales.

#### 2.4.7. Alcalinidad

**Jimeno B, E (1998)**, sostiene, en el agua la alcalinidad se debe generalmente a la presencia de bicarbonatos carbonato e hidroxilo y con menos frecuencia (ocasionalmente) a boratos, silicatos y fosfatos.



En las aguas naturales, ósea en aquellas que no han sufrido tratamiento alguno, los bicarbonatos representan generalmente la alcalinidad, desde que son formados en considerable cantidad por la acción del  $\text{CO}_2$  sobre materiales básicos del suelo.

#### 2.4.7.1. Significado Sanitario

La alcalinidad del agua tiene poca importancia sanitaria. Aguas con alta alcalinidad, son usualmente de mal sabor, siendo rechazadas por el público, por lo que se tiende a conseguir otra fuente de abastecimiento siempre que sea potable.

Aguas que han sido tratadas químicamente, algunas veces tienen pH bastante alto, lo que origina objeciones de parte de los consumidores. Por esta razón existen normas para aguas químicamente tratadas.

**Romero, J. (2000)**, sostiene que, la alcalinidad de una agua puede definirse como su capacidad para neutralizar ácidos, como su capacidad para reaccionar con iones hidrogeno, como su capacidad para aceptar protones o como la medida de su contenido total de sustancias alcalinas ( $\text{OH}^-$ ). La determinación de la alcalinidad total y de las distintas formas de alcalinidad es importante en los procesos de coagulación química, ablandamiento, control de corrosión y evaluación de la capacidad tampón de un agua.

En aguas naturales la alcalinidad es debida generalmente a la presencia de tres clases de iones:

- Bicarbonatos
- Carbonatos
- Hidróxidos

En algunas aguas es posible encontrar otras clases de compuestos (boratos, silicatos, fosfatos, etc.) que contribuyen a su alcalinidad; sin embargo, en la práctica la contribución de estos es insignificante y puede ignorarse.

#### 2.4.8. Acidez

**Romero, J. (2000)**, indica, la acidez de una agua puede definirse como su capacidad para neutralizar bases, como su capacidad para reaccionar con iones hidroxilo, como su capacidad para ceder protones o como la medida de su contenido total de sustancias acidas.

La determinación de la acidez es de importancia en ingeniería sanitaria debido a las características corrosivas de las aguas acidas y al costo que supone la remoción y el control de las sustancias que producen corrosión. El factor de corrosión en la mayoría de las aguas es el  $\text{CO}_2$ , especialmente cuando esta acompañado de oxígeno, pero en residuos industriales es la acidez mineral.

**Jimeno, E. (1998)**, indica, puede definirse como el poder de un agua de neutralizar iones hidroxilo y se expresa en términos equivalentes de carbonato de calcio de Ca.

La acidez de un agua puede deberse a la presencia de  $\text{CO}_2$  no combinados, ácidos minerales y sales de acidos fuertes y bases débiles. En esta última categoría entran las sales de fierro y aluminio, de origen mineral o industrial.

El punto de equivalencia para la titulación de un ácido mineral tiene lugar a un pH alrededor de 4.5, mientras que la titulación del  $\text{CO}_2$  libre al punto de equivalencia del bicarbonato de sodio se completa a un pH aproximado a 8.3.

- De 1 a 4.5 punto final anaranjado de metilo, acidez mineral.
- De 4.5 a 8.5 punto final fenolftaleína, acidez de  $\text{CO}_2$ .

##### 2.4.8.1. Importancia sanitaria del $\text{CO}_2$ y de la acidez mineral

La acidez tiene poca importancia desde el punto de vista sanitario o de la salud pública.

El  $\text{CO}_2$  está presente en bebidas carbonatadas en concentraciones mayores que las conocidas en aguas naturales y no se conocen efectos dañinos en las personas.

Aguas que contienen acidez mineral son usualmente de tan mal sabor que no existen problemas relacionados con su consumo humano. Aguas acidas son de importancia para los ingenieros sanitarios, por sus características corrosivas y

por el costo que resulta en remover o controlar las sustancias que producen la corrosión. El factor corrosivo en la mayor parte de las aguas es debido a CO<sub>2</sub> pero en muchos desechos industriales es la acidez mineral.

#### 2.4.9. Dureza

**Romero, J. (2000)**, sostiene como agua duras se consideran aquellas que requieren cantidades considerables de jabón para producir espuma y producen incrustaciones en las tuberías de agua caliente, calentadores, calderas y otras unidades en las cuales se incrementa la temperatura del agua.

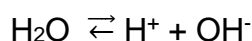
En términos de dureza las aguas pueden clasificarse así:

0-75 mg/L	blanda
75-150 mg/L	moderadamente dura
150-300 mg/L	dura
>300 mg/L	muy dura

La dureza se expresa en mg/L como CaCO<sub>3</sub>

#### 2.4.10. pH

**Hilleboe, H. (2011)**, indica el agua siempre se ioniza en pequeña proporción produciendo tanto iones hidrogeno como iones hidroxilo.

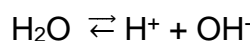


Consecuentemente el agua puede considerarse desde el punto de vista de la ionización, a la vez como ácido y como base, en realidad, debido a que la concentración de los iones hidrogeno y las de iones hidroxilo son iguales en el agua, esta se considera como neutra. La concentración de los iones (H<sup>+</sup>), así como los iones (OH<sup>-</sup>), es igual a 0.000 000 1 veces el peso de los iones gramo de del H<sup>+</sup> o del OH<sup>-</sup> expresados en gramos por litro. Para evitar el uso de cifras decimales al medir las concentraciones de iones de hidrogeno, se adoptado una escala de valores del pH mediante la cual se registra la concentración en números enteros.

**Jimeno, E. (1998)**, indica el pH es un término universalmente usado para expresar la intensidad de la condición acida o alcalina de una solución, más exacto, es la manera de expresar la concentración de iones de hidrogeno, además es importante en cualquier fase de la práctica de la ingeniería sanitaria, en el campo del abastecimiento de agua tiene importancia en: coagulación química, desinfección, ablandamiento del agua y control de corrosión.

En orden de interpretar propiamente los resultados de la determinación de pH, es esencial tener conocimiento del significado del término y una idea del valor de las lecturas en términos de acidos y bases.

El agua (H<sub>2</sub>O) se disocia a un grado muy ligero dentro de las partículas eléctricas llamadas “iones”, así:



El ion H lleva carga positiva y el ion OH carga negativa.

#### 2.4.11. Cloruros

**Jimeno, J. (1998)**, indica las aguas naturales contienen cloruros en concentraciones que varían ampliamente.

El contenido de cloruro aumenta normalmente, cuando se incrementa el contenido mineral. Las aguas de vertientes y montañas usualmente tienen una concentración baja de cloruros, mientras que aguas de ríos o subterráneas usualmente tienen una cantidad considerable. Las aguas de mar tienen grandes concentraciones de cloruros.

La excreta humana y en especial la orina, contienen cloruros en una cantidad igual a los consumidos con los alimentos y el agua. Esta cantidad promedia cerca de seis gramos de cloruros por persona y por día, y se incrementa la cantidad de cloruros en cerca de 15 mg. Por litro en el agua de arrastre de los desagües es así como los efluentes de desagües añaden considerable cantidad de cloruros a un cuerpo de agua.

## 2.5. PARAMETROS MICROBIOLÓGICO

### 2.5.1. Bacteriología

**Hilleboe, H. (2011)**, sostiene las bacterias son pequeñísimos organismos vivos, formado por una sola célula, estos organismos son tan pequeños que solamente pueden ser vistos con el microscopio, por lo cual se incluyen dentro del término más general como microorganismos. Las funciones de asimilación de alimentos, excreción de desperdicios, respiración, crecimiento y todas las otras actividades, son afectadas por una sola célula. Muchas bacterias tienen características que ordinariamente se asocian con el reino animal y otras que se relacionan más con el reino vegetal. En ciertos aspectos, se puede considerar que las bacterias constituyen un eslabón entre los dos tipos de organismos vivos. Existen muchas clases de bacterias, muy diferentes en tamaño, forma y funciones.

#### 2.5.1.1. Elementos de Microbiología y Bacteriología

**Romero, J. (2000)**; indica, todo organismo debe encontrar en su medio ambiente las unidades estructurales y las fuentes de energía necesarias para formar mantener su estructura y organización. Dichos materiales son llamados nutrientes. Casi todos los organismos vivos requieren los siguientes nutrientes:

- Fuente de carbono
- Fuente de energía
- Fuente de nitrógeno
- Agua
- Fuente mineral

Además algunos organismos requieren ciertos factores accesorios de crecimiento tales como vitaminas y aminoácidos. Con base en sus requerimientos nutricionales es común clasificar los organismos como se indica en la tabla.

Resumiendo, puede decidirse que organismos heterotróficos son aquellos que obtienen el carbono solamente de compuestos orgánicos, es decir que viven a expensas de materia orgánica; por otra parte, organismos autotróficos son aquellos que utilizan  $\text{CO}_2$  como fuente de carbono, es decir que viven a expensas de materia inorgánica.

En términos de sus requerimientos de oxígeno, se acostumbra clasificar a los microorganismos como aerobios y anaerobios. Los aerobios son aquellos que requieren oxígeno libre para obtener la energía necesaria para sus procesos vitales;

Los anaerobios son aquellos que pueden utilizar fuentes de oxígeno diferentes de la de oxido libre.

**Tabla 4: Requerimientos nutricionales de los microorganismos**

AUTOTROFICOS			HETEROTROFICOS
	FOTOSINTETICOS	QUIMIOSINTETICOS	
Fuente de carbono	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	Comps.orgánicos. carbohidratos, ácidos orgánicos, cetonas, aldehídos, parafinas
Fuente de energía	LUZ SOLAR	COMPS.INORGANICOS OXIDABLES	Comps. Orgánicos, carbohidratos, ácidos orgánicos, cetonas, aldehídos, parafinas.
Fuente de nitrógeno	NH <sub>3</sub> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , N <sub>2</sub>	
Fuente mineral	Na, K, Mg, Ca,	Fe, Mn, Cu, Co,	Mo, Zn, P, S
AGUA			
FACTORES ACCESORIOS DE CRECIMIENTO		NINGUNO	TALVEZ

### 2.5.1.2. Esterilización

**Romero, J. (2000)**, indica en el sentido bacteriológico esterilización significa la acción que logre la completa ausencia de microorganismos capaces de crecimiento; por consiguiente, la esterilización requiere q todos los organismos presentes en un material determinado sean incapaces de reproducción. Factores por considerar en la aplicación de cualquier agente de esterilización son la tasa de mortalidad del organismo que se ha de destruir, el tiempo de exposición al agente letal y el tamaño inicial de la población de organismos.

## 2.5.2. Microbiología del Agua

Romero, J. (2000), indica el agua contiene suficientes sustancias nutritivas para permitir el desarrollo de diferentes microorganismos. Muchas de las bacterias del agua provienen del contacto con el aire, el suelo, y material fecal.

La transmisión a través del agua de organismos patógenos ha sido la fuente más grave de epidemias de algunas enfermedades más conocidas cuyos gérmenes pueden ser transmitidos por el agua son las siguientes

### 2.5.2.1. De origen bacterial

- Fiebre tifoidea (salmonella typhi)
- Fiebre paratifoidea (salmonella paratyphi)
- Cólera (vibrio cholera)
- Tularemia (brucella tularensis)
- Disentería bacilar (shigella spp)
- Gastroenteritis (salmonella spp)
- Enfermedad de weil (leptospira icterohaemorrhagiae)
- Infecciones de oído (pseudomonas aeruginosa)

Las seis primeras son casi siempre son el resultado de contaminación fecal.

### 2.5.2.2. Virus

Los principales virus asociados con el agua son:

- Gastroenteritis viral
- Diarrea viral
- Hepatitis infecciosa
- Virus del polio
- Virus adeno
- Virus echo
- Virus coxsackie grupo a
- Virus coxsackie grupo b
- Virus reo

El virus más importante asociado con epidemias de origen hídrico es el de la hepatitis infecciosa. Para ejemplo sirve el de la epidemia ocurrida en Nueva Delhi diciembre de 1955, con 20,000 – 40,000 casos de hepatitis infecciosa, los demás son todos factores potenciales de epidemias de origen hídrico pues son

arrojados en los excrementos humanos, aunque no existen pruebas evidentes de su inseminación en suministros de agua hasta la fecha.

**Tabla 5: Enfermedades producidas por los virus**

ENFERMEDAD	ORGANISMO CAUSANTE	FUENTES DE ORGANISMOS EN EL AGUA	SINTOMAS
GASTROENTERITIS	SALMONELLA	EXCREMENTOS DE HUMANO O DE ANIMALES	DIARREA AGUDA O VOMITO
TIFOIDEA	SALMONELLA TYPHOSA	EXCREMENTO HUMANO	INTESTINO INFLAMADO BAZO AGRANDADO, ALTA TEMPERATURA, FATAL.
DISENTERIA	SHIGELLA	EXCREMENTO HUMANO	DIARREA
COLERA	VIBRO COMMA	EXCREMENTO HUMANO	VOMITO, DIARREA SEVERA
HEPATITIS	VIRUS	EXCRIMENTO HUMANO, MARISCOS	PIEL AMARILLA, DOLORES
AMIBIASIS	ENTAMOEBA HYSTOLITICA	ESCREMENTO HUMANO	DIARREAS, DISENTERIA CRONICA
GIARDIASIS	GIARDIA LAMBLIA	AXCREMENTO HUMANO Y ANIMALES	DIARREA, RETORTIJONES

### 2.5.2.3. Característica biológica del agua

- Los microorganismos son especies vivientes de tamaño microscópicos
- Se clasifica en un tercer reino llamado Protista.
- tamaño promedio de los microorganismos.
  - tamaño :  $10^{-6} \text{ m} = 1\mu\text{m}$
  - peso  $<^{-12} \text{ gr}$

### 2.6. EXAMEN BACTERIOLÓGICO DEL AGUA

Hilleboe, H. (2011), indica como quiera que las bacterias están distribuidas tan profusamente en la naturaleza y las hay en el agua tienen fundamental importancia para comprender los procesos del tratamientos del agua. El agua puede contener muchos tipos de bacterias saprofitas que arrastra el suelo; también puede contener tipos parasitarios que se descargan en el agua con los desperdicios de la vida animal, debido a la costumbre del hombre de disponer de los desperdicios arrojándolos a la corriente de agua más cercana. Entre las



bacterias así descargadas en el agua se encontrarán también las patógenas que causan enfermedades al hombre y, en menor grado, a los animales.

**Romero, J. (2000)**, sostiene el análisis bacteriológico del agua es vital en la prevención de epidemias como resultado de la contaminación del agua. El examen bacteriológico de abastecimiento de agua no implica la búsqueda directa de los gérmenes patógenos. El ensayo se basa en el supuesto de que todas las aguas contaminadas con las de cloaca son potencialmente peligrosas. Por consiguiente, el control sanitario del agua se hace con métodos bacteriológicos para determinar la presencia de contaminación fecal. Ensayos para determinación de patógenos no se usan rutinariamente debido a que detectarlos en diluciones altas es muy difícil

y además se encuentran en número muy inferior al de las bacterias entéricas las cuales tienen una tasa de mortalidad mucho más lenta.

El examen bacteriológico del agua usualmente involucra dos ensayos: la estimación del número de bacterias de acuerdo con el conteo total de placa y de la determinación más significativa, de la presencia o ausencia de miembros del grupo coliformes.

### 2.6.1. Grupo Coliforme

**Romero, J. (2000)**, indica el grupo coliformes incluye las bacterias de forma bacilar, aerobias y facultativas anaerobias, Gram-negativas, no formadoras de esporas, las cuales fermentan la lactosa con formación de gas en un periodo de 48 horas a 35°C o (37°C).

El número de organismos coliformes en los excrementos humanos es muy grande; la excreción diaria por habitante varía entre  $125 \times 10^9$  y  $400 \times 10^9$ . Su presencia en el agua es considerable como un índice evidente de la ocurrencia de contaminación fecal y por lo tanto de contaminación con organismos coliformes con organismos entéricos patógenos es muy grande, del orden de  $10^6/1$ .

Los coliformes no solo provienen de los excrementos humanos si no también pueden originarse en animales de sangre caliente, animales de sangre fría y en el suelo, por lo tanto, la presencia de coliformes en aguas superficiales indica

contaminación proveniente de residuos humanos, animales o erosión del suelo separadamente, o de una combinación de los tres fuentes. Aunque no es posible distinguir coliformes de origen humano o animal, existe un ensayo especial para diferenciar entre coliformes fecales y coliformes del suelo. Para el efecto, se usa medio de cultivo EC para incubación a  $44.5 \pm 0.2^\circ\text{C}$  durante  $24 \pm 2\text{h}$ . Este ensayo no reemplaza la técnica usual, pero es aplicable en estudios de contaminación de ríos, fuentes de agua cruda, sistemas de tratamiento de aguas residuales y aguas para recreación.

**Hilleboe, H (2011)**, indica todos los animales de sangre caliente albergan en su tracto intestinal bacterias parasitas de varios tipos. A todos los miembros de este grupo específico se les conoce como grupo de bacterias coliformes. Estos microorganismos no son patógenos y funcionan en el proceso digestivo del organismo huésped. Se descargan de los intestinos en número enorme. Siempre se encuentran en gran cantidad en las aguas negras, las cuales contienen usualmente de 4 000 000 a 5 000 000 de bacterias coliformes por ml, cuando menos. Si las aguas negras entran en contacto con el agua, las bacterias son arrastradas con ella y sobrevivirán por largos periodos de tiempo. En consecuencia, su presencia proporciona una evidencia positiva de contaminación y de la posible presencia de bacterias patógenas provenientes de exoneraciones intestinales de los animales. Su identificación y determinación mediante examen en el laboratorio es relativamente rápida y sencilla.

#### **2.6.1.1. Coliformes Totales**

Los coliformes son microorganismos que se encuentran en tracto intestinal del hombre y de los animales de sangre caliente y son eliminados a través de la materia fecal. Son utilizados como indicadores de contaminación bacteriana.

La presencia de coliformes totales debe interpretarse de acuerdo con el tipo de aguas: deben estar ausentes en 85% de las muestras de aguas potables tratadas. En caso de estar presentes, su número no puede ser superior a 2-3 coliformes. Esta contaminación a pesar de ser baja, no puede ocurrir en tres muestras recolectas en días consecutivos.

En aguas tratadas, los coliformes totales funcionan como un alerta de que ocurrió contaminación, sin identificar el origen. Indican que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes domiciliarias. Su presencia acciona los mecanismos de control de calidad y de procesamiento dentro de la planta de tratamiento de agua, e intensifica la vigilancia en la red de distribución

#### **2.6.1.2. Coliformes Fecales**

Las bacterias coliformes fecales forman parte del total del grupo coliforme. Son definidas como bacilos gram-negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas a  $44.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$  dentro de las 24 +/- 2 horas. La mayor especie en el grupo de coliforme fecal es el *Escherichia coli*.

La presencia de coliformes en el suministro de agua es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Generalmente, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo.

Los niveles recomendados de bacterias coliformes fecales son:

- Agua potable: menos de 0 colonias por 100 ml de la muestra de agua.
- Natación: menos de 200 colonias por 100 ml de la muestra de agua
- Navegar/Pescar: menos de 1,000 colonias por 100 ml de la muestra de agua.

#### **2.6.1.3. E. Coli**

Se trata de una bacteria con diversas variantes. Normalmente vive en el intestino del hombre y de los animales y no suele causar ningún tipo de problema, es más, es necesaria para el funcionamiento correcto del proceso digestivo. Sin embargo, algunas cepas por intercambio de material genético, han adquirido la capacidad de causar infecciones y provocar diarreas sangrantes.

La bacteria puede afectar a todo tipo de población pero los niños y los ancianos en los que pueden tener peores consecuencias. «En el caso de los

niños, porque tienen el sistema inmunitario más inmaduro y en el de los ancianos porque su organismo está más deteriorado», aclara la doctora Bartolomeu.

¿Cómo se infecta el humano de E.coli?. A través del consumo de alimentos y agua contaminada e incluso mediante la carne y la leche de animales rumiantes, que no suelen enfermarse. Si el animal es portador de la cepa patógena puede contaminar todos los productos y el ambiente en el que vive, a través de la dispersión de las heces, es decir a través de aguas y prados.

En el caso de los vegetales, éstos se contaminan por la tierra (a su vez contaminada por las heces de los animales infectados) en la que se cultivan.

## 2.7. ELEMENOS DE VIGILANCIA Y CONTROL

**Rojas, R. (2002)**, Indica que la organización mundial de la salud (OMS), ha definido tres elementos básicos que todo programa de vigilancia debe contener y que son perfectamente aplicables al control de la calidad del agua realizado por el abastecedor. Adicionalmente, existen otros elementos que pueden ser considerados de apoyo y la implementación de los programas de vigilancia y control. Los elementos básicos son:

- evaluación de calidad fisicoquímica y microbiológica.
- Inspección sanitaria y operacional.
- Evaluación institucional.

A su vez, los elementos complementarios o de apoyo son:

- Reglamento y normas.
- Recurso humano, materiales, y económico – financieros.
- Capacitación.
- Educación sanitaria.
- Encuestas y
- Flujo de información.

**2.8. NORMAS PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DEL AGUA**

**Solsona, F. (2002)**, indica que desde el punto de vista institucional, la garantía de que el agua de bebida esté libre de riesgos microbiológicos es una responsabilidad de las autoridades sanitarias. Para ello, cada país debe establecer un marco de referencia para evaluar si el agua está en buenas condiciones, si es segura o está contaminada. Este instrumento se llama norma de calidad de agua de bebida (NCAB).

**2.8.1. Estándares de calidad del agua para consumo humano**

DIGESA (2005), establece con arreglo a la ley general de salud nº 26842, la propuesta de reglamento de calidad de agua para consumo humano con la finalidad de asegurar la calidad del agua para consumo, cuyos valores permisibles se muestran en los cuadros.

**Tabla 6: límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos.**

PARAMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE
1. Bacterias Coliformes Totales	UFC/100 mL a 35 <sup>o</sup> c	0(*)
2. E.Coli		
3. Bacterias Coliformes Termo tolerantes o Fecales	UFC/100 mL a 44.5 <sup>o</sup> C Ufc/100 mL a 44.5 <sup>o</sup> C	0(*) 0(*)
4. Bacterias Heterotróficas	UfC/mL a 35 <sup>o</sup> c	500
5. Huevos y larvas de Heimintos, quistes y ooquistes de Protozaurios Patógenos	N <sup>o</sup> Org/L	0
6. Virus		
7. Organismos de vida libre. Como algas, Protozaurios copépodos, rotíferos, nematodos en todos sus estados evolutivos	UFC/mL N <sup>o</sup> org/L	0 0

UFC = unidad formadora de colonias

(\*) en caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1.8/100 ml

Fuente : valores establecidos en el reglamento de calidad del agua para consumo humano, DIGESA – 2005.

**Tabla 7: Valores guía para verificación de la calidad microbiana**

AGUAS	ORGANISMOS	VALOR GUÍA
Toda agua destinada a consumo humano (b,c)	E. Coli o Coliformes Termotolerantes	No detectable en ninguna muestra de 100 ml
agua tratada ingresando al sistema de distribución (b)	E. Coli o Coliformes Termotolerantes	No detectable en ninguna muestra de 100 ml
agua tratada en el sistema de distribución (c)	E. Coli o Coliformes Termotolerantes	No detectable en ninguna muestra de 100 ml

Fuente: organización mundial de la salud (OMS), 2006

## 2.8.2. Estándares de calidad ambiental y límites máximos permisibles

### 2.8.2.1. Estándar de calidad ambiental (ECA).

Es la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de la personas ni del ambiente.

### 2.8.2.2. Límite máximo permisible (LMP).

Es la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o a una emisión, que al ser excedido causa o puede causar daños a la salud, bienestar humano y al ambiente.

**Tabla 8: Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organofeéptica.**

PARÁMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL-1	1 000
8. Cloruros	mg Cl - L-1	250
9. Sulfatos	mg SO4 = L-1	250
10. Dureza total	mg CaCO3 L-1	500
11. Amoniaco	mg N L-1	1,5
12. Hierro	mg Fe L-1	0,3
13. Manganeso	mg Mn L-1	0,4
14. Aluminio	mg Al L-1	0,2
15. Cobre	mg Cu L-1	2,0
16. Zinc	mg Zn L-1	3,0
17. Sodio	mg Na L-1	200

*UCV = Unidad de color verdadero*

*UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad*

*FUENTE: Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano*

**Tabla 9: Límites máximos permisibles en compuestos y elementos perjudiciales en agua para consumo humano**

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	LIMITE MAXIMO PERMISIBLE
Alcalinidad	mg/lit como CaCO <sub>3</sub>	150
Aluminio	mg/lit como Al	0.2
Calcio	mg/lit como Ca	30 – 150
Cloruro	mg/lit como Cl-	250
Cobre	mg/lit como Cu	2
Color	UCV Pt/Co escala	15
Conductividad (25°C)	S/cm	1.5
Dureza total	mg/lit como CaCO <sub>3</sub>	500
Hierro	mg/lit como Fe	0.3
Ión hidronio	Valor de pH	6.5 a 8.5
Magnesio	mg/lit como Mg	30 – 100
Manganeso	mg/lit como Mn	0.4
Nitratos	mg/l como NO <sub>2</sub>	50
Olor		inofensivo
Oxidabilidad	mg/lit como O <sub>2</sub>	5
Sólidos Totales Disueltos	mg/lit	1000 (103-105°C)
Sabor		inofensivo
Sodio	mg/lit como Na	200
Sulfato	mg/lit como SO <sub>4</sub> =	250
Turbiedad	U.N.T.	
Agua superficial		10
Agua subterránea		5
Zinc	mg/lit como Zn	3

*FUENTE: CONSEJO NACIONAL DE SALUD "Comité Nacional de Salud Ambiental" proyecto de reglamento para la vigilancia y control sanitario de la calidad del agua para consumo humano lima, febrero 2007.*

## 2.9. RECOLECCION, PRESERVACION Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS

**Rojas, R. (2002)**, indica que la recolección o toma de muestras se ejecuta en función de los tipos de estructuras de vertimiento de los puntos de muestreo, teniendo en cuenta el tipo de análisis de determinación, así mismo indica que es imposible precisar el tiempo que pueda transcurrir desde la toma de muestra hasta su análisis.

Tabla 10: Recipiente, tipo de preservación y tiempo de almacenamiento de muestras

PARÁMETROS	VOLUMEN MEDIDO	RECIPIENTE	PRESERVACIÓN	TIEMPO DE ALMACENAMIENTO
Temperatura	-	-	-	Registro inmediato
pH	100 ml	P o V	Refrigeración a 4°C	Ninguno
Conductividad eléctrica	500 ml	P o V	Refrigeración a 4°C	28 días
Turbiedad	100 ml	P o V	Refrigeración a 4°C	24/48 horas
Sólidos totales	100 ml	P o V	Refrigeración a 4°C	2-7 días
Oxígeno disuelto	30 ml	V	-	Análisis inmediato

Fuente OMS

## 2.10. FILTRO LENTO DE ARENA

**Hilleboe, H. (2011)**, indica que, aunque la tendencia general se dirige hacia la construcción de plantas de tratamiento que usen la filtración rápida por arena, hay instaladas ya muchas plantas que emplean la filtración lenta por arena y que son eficaces al proporcionar un agua segura y potable. Sin embargo, existen limitaciones en el empleo de este tipo de plantas de tratamiento. Generalmente, la turbiedad media está limitada a 10 ppm y a un máximo de 30 ppm. Dentro de estos límites puede llevarse a cabo eficazmente la eliminación de la turbiedad y de las bacterias lográndose además una disminución del color de cerca del 40 por ciento. Evidentemente se requiere de algo más que esta acción filtrante para eliminar concentraciones bajas de turbiedad, bacterias y color. La adsorción, que es la retención de sustancias sobre la superficie de una partícula, es indudablemente es un factor muy importante. Por este motivo la operación de los filtros lentos de arena debe hacerse a un gasto relativamente bajo, no mayor de unos 47 000 m<sup>3</sup> por día por hectárea de superficie del lecho de arena. La arena limpia es relativamente poco eficaz, hasta que se forma una película adsorbente sobre la superficie de las partículas de arena, así que, normalmente se desecha el agua proveniente de los lechos en los que se acaba de cargar arena limpia, durante unos días, hasta que se forma dicha película. La velocidad de filtración de lechos limpios debe



ser inicialmente muy baja y aumentarse gradualmente hasta que se alcance el gasto deseado, y la calidad del efluente sea satisfactoria.

Una planta de filtros lentos de arena consiste en un estanque de concreto, cubierto, de unos 3 a 4 metros de profundidad. Se colocan líneas de tubos para drenaje, de juntas abiertas, distanciadas 1.80 m aproximadamente, conectadas a un tubo central o colector principal. Las líneas de tubos de drenaje se cubren con unos 30 a 40 cm de gravas clasificadas por tamaños, poniendo los tamaños más gruesos en el fondo y cubriéndolos gradualmente con los más chicos hasta que la grava se cubre a su vez con unos 90 cm de arena. La cubierta de la estructura debe estar cuando menos a 1.80 m sobre la superficie de la arena para que pueda haber una capa de agua de profundidad adecuada sobre la arena, y suficiente espacio para llevar a cabo la limpieza. La cubierta consiste usualmente de una losa de concreto sostenida por columnas, con una capa de tierra de un metro o más, sobre ella, para evitar la congelación.

**Lampoglia, T. (2011)**, indica es un sistema de tratamiento de agua más antiguo del mundo. Copia el proceso de purificación que se produce en la naturaleza cuando el agua de lluvia atraviesa los estratos de la corteza terrestre y forma los acuíferos o ríos subterráneos.

El agua cruda que ingresa a la unidad permanece sobre el medio filtrante tres a doce horas, dependiendo de las velocidades de filtración adoptadas, en este 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, las cuales absorben bióxido de carbono, nitratos fosfatos y otros nutrientes del agua para formar material celular y oxígeno. El oxígeno así formado se disuelve en el agua, entra en reacción química con las impurezas orgánicas y hace que estas sean más asimilables por los microorganismos.

Comparado con el filtro rápido, requiere de áreas mas grandes para tratar el mismo caudal.

### 2.10.1. Mecanismo de la filtración

**Hilleboe, H. (2011)**, Es de extrema importancia de que la calidad y el tamaño de las partículas de este material sean adecuados. La arena debe de estar libre de arcilla, polvo, raíces y otras impurezas, y para todo propósito practico, debe ser insoluble en acido clorhídrico diluido. Para que se pueda garantizar una buena eficiencia de la filtración y ciertas características hidráulicas, el tamaño de las partículas y la uniformidad de las mismas debe estar de limites determinados se define como tamaño efectivo al tamaño de apertura de la malla que deja pasar el 10 por ciento, en peso, de los granos de la arena en cuestión. Se llama coeficientes de uniformidad la relación que existe entre tamaños de mallas que dejan pasar un 60 y un 10 por ciento representativamente. La experiencia a demostrado que los filtros lentos de arena deben tener una arena cuyo tamaño efectivo sea de 0.25 a 0.35 mm y un coeficiente de uniformidad entre 2.5 y 3.5. Actualmente, hay la tendencia a emplear arenas de mayores tamaños, para logras mejores características hidráulicas, siempre y cuando sea satisfactoria la calidad del agua que se vaya a tratar y permita el uso de arena más gruesa.

La calidad de la grava debe ser la misma que la de la arena y sus tamaños deben variar desde unos 5 cm en el fondo hasta unos 3 mm o menos, en la parte superior. Se acostumbra disponer la grava en unas 6 capas de 5 a 8 cm de espesor, aproximadamente y el tamaño gradualmente menor.

La limpieza del filtro se lleva a cabo casi siempre a mano, desprendiendo, los 2 a 3 cm que formal la capa superficial de lecho de arena, después de vaciado completamente de agua, esta capa de arena sucia que se quita del lecho, debe lavarse y almacenarse para ser empleada de nuevo después. En operaciones normales, podrán hacerse varias limpiezas antes de reponer cualquier cantidad de arena, pero debe tenerse presente que, por lo general, debe renovarse el lecho de arena cuando su espesor sea de unos 60cm.

La filtración es usualmente considerada como el resultado de dos mecanismos distintos, pero complementarios: transporte y adherencia.

Los mecanismos que puedan realizar transporte son los siguientes:

- Cernido
- Sedimentación
- Intercepción
- Difusión
- Impacto inercial
- Acción hidrodinámica

Los mecanismos de adherencia son los siguientes:

- Interacción de la fuerzas electrostáticas y de Van Der Waals
- Enlace químico entre las partículas y la superficie de los granos.

### **2.10.2. Factores que influyen la filtración**

- Tamaño de las partículas suspendidas
- Densidad de las partículas suspendidas
- Resistencia y dureza de las partículas suspendidas (floculos)
- Temperatura del agua al filtrar
- Concentración de partículas suspendidas en el afluente
- pH del afluente.

### **2.10.3. Características del medio filtrante**

#### **2.10.3.1. Tipo del medio filtrante.**

Un medio filtrante ideal es aquel de una determinada granulometría y granos de un cierto peso específico que requiere que requiere una cantidad mínima de agua para ser lavado específicamente y que es capaz de remover la mayor cantidad posible de partículas suspendidas, produciendo un efluente de buena calidad.

#### **2.10.3.2. Características granulométricas del material filtrante**

- tamaño efectivo
- coeficiente de uniformidad
- forma
- peso específico

### 2.10.3.3. El espesor de la capa filtrante

- tasa de filtración
- calidad del efluente
- carga hidráulica disponible
- el método de control de los filtros

### 2.10.4. Ventajas de los filtros lentos

La filtración lenta de arena tiene muchas ventajas

- mejora simultánea en la calidad física, química y bacteriológica del agua, con un número de ventajas especiales para los países en desarrollo tales como el nuestro.
- La eficacia en la eliminación de bacterias totales.
- No se necesitan compuestos químicos
- La operación y mantenimiento pueden ser llevados a cabo por mano de obra semi especializada.
- El proceso de filtración es llevado por gravedad
- El manejo de los lodos no causa problema, las cantidades de los lodos son pequeños tiene muy alto contenido de materia seca.

**Tabla 11: Del centro internacional de referencia para abastecimiento publico de agua de la OMS**

PARÁMETRO	EFFECTO PURIFICADOR
Materia orgánica	Los filtros lentos de arena producen un efluente claro, virtualmente libre de materia orgánica.
bacteria	Puede eliminarse entre el 99% y 99.99% de bacterias patógenas, las cercarías de esquistozoma, los quistes y huevos son eliminados aun con mayor grado. E. Coli reduce entre 99% y 99.99%.
Virus	En un filtro lento ya maduro los virus se elimina en forma virtualmente total.
Color	El color se reduce de forma significativa.
Turbiedad	Puede tolerarse en el agua cruda turbiedades de 100 – 200 UTN solo por unos pocos días turbiedades de más de 50 UTN son aceptables solo para unas pocas semanas: de preferencia, la turbiedad de agua debe ser menor de 5 UTN, para un filtro lento diseñado y operado con propiedad, la turbiedad del afluyente será menor de 1UTN.

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 ASPECTOS GENERALES

El ámbito de estudio del presente proyecto de investigación, se realizó en el río Totorani, exactamente en la captación de agua potable para el distrito de Paucarcolla en la Provincia y Departamento de Puno. Teniendo en cuenta que el río Totorani nace a unos 6.5 km aguas arriba aproximadamente de manantes y la unión de riachuelos, el principal manante denominado Mamacocha el cual hace su curso por las cuencas Chingarani, Lifunge, Pucamocko y Collana del distrito de Paucarcolla y posteriormente desemboca al lago Titicaca.

##### 3.1.1 Ubicación Política:

Región : Puno

Departamento : Puno

Provincia : Puno

Distrito : Puno

##### 3.1.2 UBICACIÓN GEOGRAFICA:

El lugar de la investigación (captación) geográficamente está limitada por él:

Norte : Distrito Paucarcolla, comunidad Chingarani

Sur : Distrito Pichacani y hacienda Secsecane.

Este : Ciudad Puno y Centro Poblado Alto Puno.

Oeste : Distrito Tiquillaca.

**Ubicación geográfica:**

Latitud sur : 15° 48' 31.54"

Longitud Oeste : 70° 6' 15.75"

Altitud : 3970 msnm.

**3.1.3 Características Generales Del Distrito Paucarcolla**

Paucarcolla está ubicada a 3840 msnm, latitud sur 15°44'95", longitud oeste 70°03'19.27" en la vía Puno Juliaca sus límites geográficos son; por el norte distrito Caracoto, por el sur con la ciudad de Puno, por el este con el lago Titicaca y por el oeste con la laguna de Umayo Sillustani

Las características de esta población, en gran mayoría se dedican a la ganadería y agricultura y un porcentaje mínimo a la pesca del lago Titicaca su temperatura promedio es de 9.75°C humedad relativa de 52.4%.

**3.1.4 Aspecto Socioeconómico**

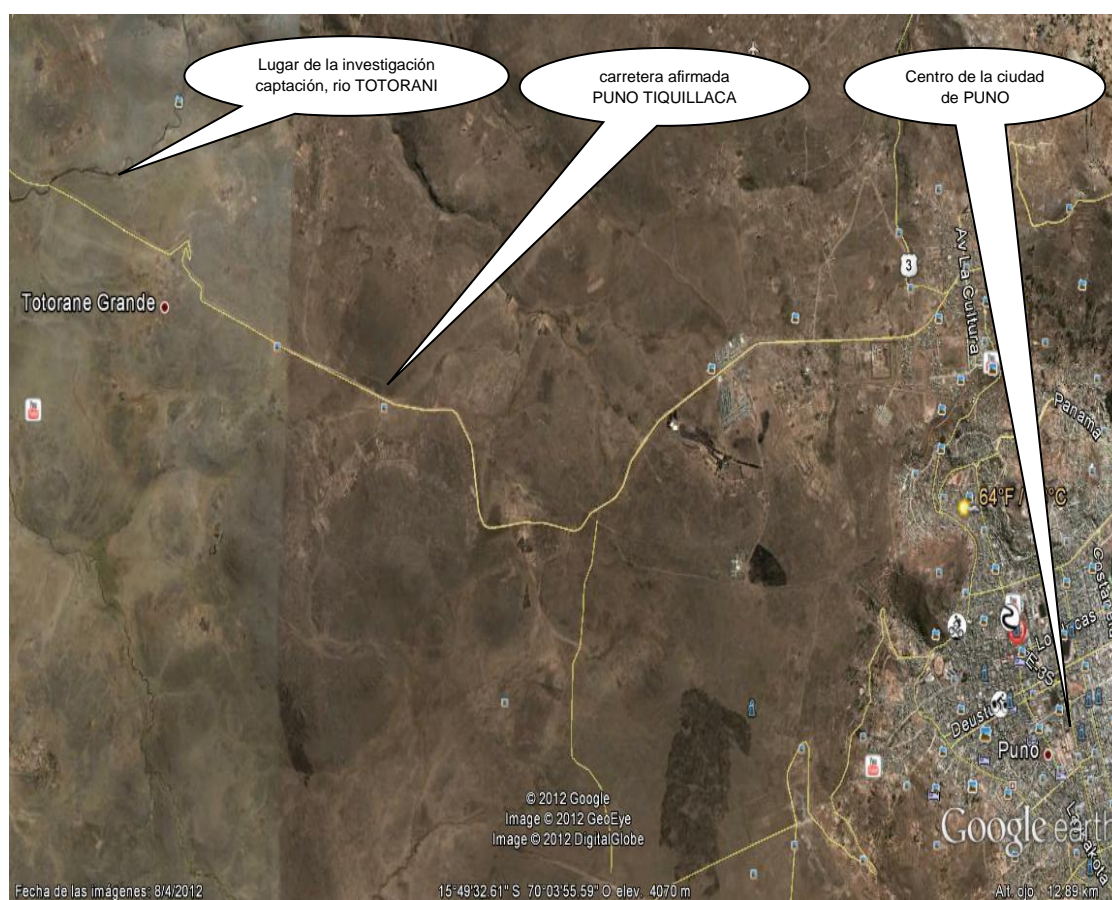
Los pobladores del distrito de Paucarcolla son ganaderos y agricultores, no cuentan con ingresos mensuales por ningún concepto viven de sus propios medios como la venta de su ganado una vez por año. Los más jóvenes buscan mejores oportunidades en las ciudades de Puno y Juliaca en el rubro de la construcción y otros migran a otras ciudades más grandes.

**3.1.5 Servicios Vitales**

Cuentan con: vías de comunicación a sus comunidades, centros educativos de nivel inicial, primarios y secundarios, puesto de salud, energía eléctrica, viviendas de material rustico.

**Grafico 1: Mapa departamental de Puno**



**Fotografía 1: Ubicación satelital del lugar de la investigación río Totorani**


Fuente: Google Earth

### 3.1.6 Acceso

El acceso al lugar de la captación del río Totorani, donde se realizó las pruebas de filtración se encuentra a 13 km de la ciudad de Puno, en la carretera afirmada Puno Tiquillaca.

## 3.2 METODOLOGÍA PARA EL DIAGNOSTICO Y LA PURIFICACION DE LAS AGUAS DEL RIO TOTORANI.

La metodología utilizada para esta investigación es de carácter experimental, puesto que se busca identificar el nivel de eficacia, con el uso de dos filtros lentos de arena con granulometría determinada para cada uno, en el control y retención de la turbiedad, coliformes totales y fecales del río Totorani.

Los objetivos del tratamiento de agua son producir:



- Agua que sea segura para el consumo humano
- Agua que sea estéticamente atractiva al consumidor
- Agua a un costo razonable

Esta metodología de purificar el agua mediante el uso de filtros lentos de arena es conocida desde hace muchos años atrás, utilizadas en los países de Latinoamérica por ser eficaces y muy sencillos de operarlos.

Consiste en filtrar el agua del río Totorani por medio de un material poroso, en este caso con arena fina y gruesa, este material es simple y también factible de conseguir, se trata de una arena de construcción. Para luego ver el grado de comportamiento a la hora de refinar el agua, con respecto a los parámetros físico-químicos y microbiológicos. Específicamente en la turbiedad, coliformes totales y coliformes fecales dentro de este último E.Coli.

### 3.2.1 recolección de muestras de agua

- **cantidad**

Para la mayor parte de los análisis físico-químicos, es suficiente una muestra de dos litros, aunque para ciertas determinaciones especiales pueden requerirse mayores volúmenes. Por ningún concepto debe intentarse usar una misma muestra para exámenes químicos, bacteriológicos y/o microscópicos, puesto que difieren los métodos de recolección y manejo.

- **Envases**

Las muestras se recogen y se almacenan en frascos de cristal, estos deben limpiarse cuidadosamente antes de almacenar la muestra.

- **Intervalo entre el muestreo y el análisis de las aguas**

En general, mientras menos tiempo transcurra entre el muestreo y el análisis de las aguas, serán más dignos de confianza los resultados analíticos. Para ciertos constituyentes así como para ciertas características físicas, es necesario hacer las muestras in situ.

- **Sitio de extracción de muestras**

Debe elegirse en lo posible un lugar en la cual exista cierta homogeneidad de las materias en suspensión para que estos sean más representativos.

- **Análisis físico químico y microbiológico.**

Estos análisis por lo general se realizan en laboratorios de calidad de aguas. Por lo que los especialistas determinan las técnicas adecuadas para cada parámetro requerido.

### **3.3 Diagnostico del agua cruda del río Totorani**

El diagnostico se realiza mediante la recolección de muestras de agua, para ser analizadas en laboratorio y posterior a esto comparar los resultados con los estándares de calidad de agua apta para el consumo humano dados por la OMS y DIGESA.

Los resultados de las muestras pueden estar relacionados con muchos factores contaminantes del río. Como la presencia de animales alrededor, el uso de insecticidas, plaguicidas del área agrícola que pueden influir en el disturbio del agua. Para esto se deberá reconocer adecuadamente la causa del contaminante en el río mediante estudios físico químico y microbiológicos.

Fotografía 2: Presencia de animales en el río Totorani



Para esto, primero diagnosticamos un estudio preliminar del río Totorani. Mediante un análisis fisicoquímico y bacteriológico cuyos resultados se presenta a continuación.

Tabla 12: Análisis físico químico del río Totorani agua cruda

CATERISTICAS	CANTIDAD
Temperatura	11.5°C
Turbiedad	30 NTU
Ph	6.5
Dureza total como CaCO <sub>3</sub>	162.36 mg/l
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub>	146.30 mg/l
Cloruros como Cl <sup>-</sup>	18.98 mg/l
Sulfatos como SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	89.60 mg/l
Nitratos como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Negativo
Calcio como Ca <sup>++</sup>	17.42 mg/l
Magnesio como Mg <sup>++</sup>	28.65 mg/l
Sólidos totales	94.20 mg/l

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Tabla 13: Análisis microbiológico del río Totorani agua cruda

CARACTERISTICAS	CANTIDAD
NMP de coliformes totales/100ml	3280
NMP de E Coli/100ml	255

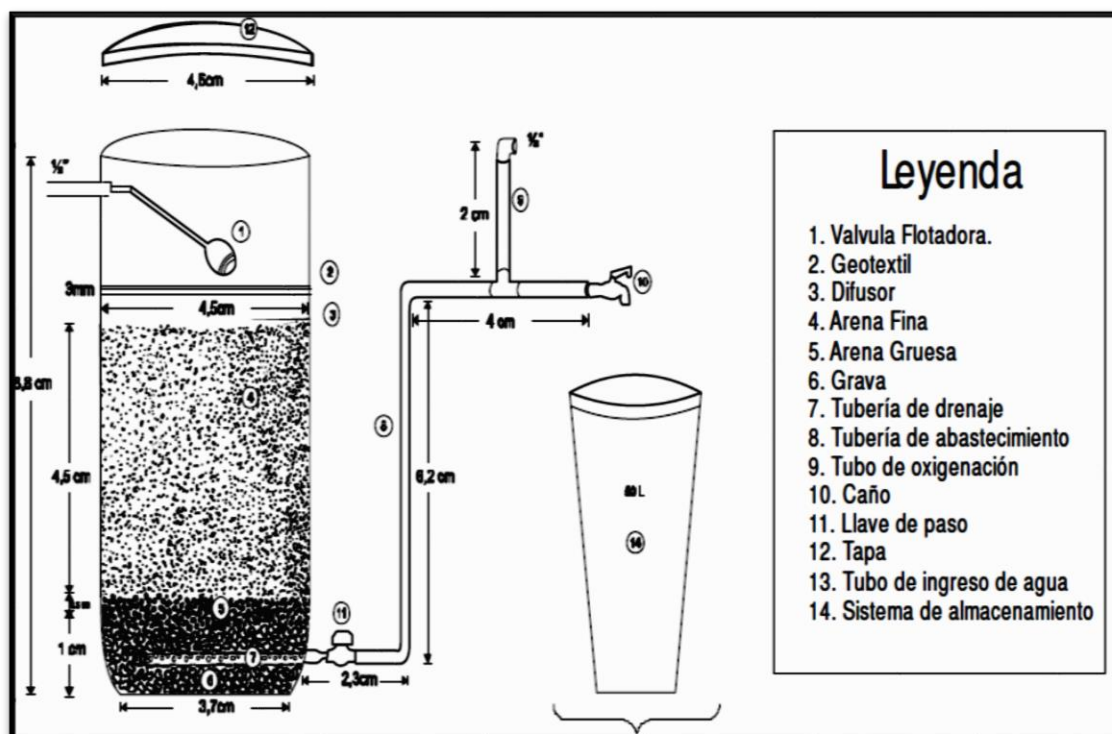
FUENTE: ELABORACION PROPIA

### 3.3.1 Estrategia de purificación del agua con el uso de filtros.

Debido a que esta captación no cuenta con una planta de tratamiento para purificar el liquido elemento vital y por el contenido de coliformes totales y fecales (E. Coli), se da la iniciativa de investigar el método de purificación. Mediante un plan piloto de filtros lentos para llegar a los estándares de calidad de agua dados por la OMS (organización mundial de la salud) que sea apto consumo humano.

### 3.2.3 Implemento del plan piloto (filtro lento)

Grafico 2: Imagen referencial de un filtro lento de arena



### 3.2.3.1 Instalación del filtro lento

Inicialmente efectuamos el armado de los filtros con todos los accesorios que vemos en la fotografía 3, según el diseño visto anteriormente, para luego llevarlo al lugar de la investigación para hacer efectivo el uso en la purificación del agua del río Totorani, que a la vez es captado para potabilizar a las comunidades del distrito de Paucarcolla. Que es dotado sin ningún

**Fotografía 3: Armado del filtro lento de arena**



tipo de tratamiento, lo cual buscamos resolver este problema, para evitar enfermedades gastrointestinales principalmente en niños y ancianos.

Posterior a esto, nos ubicamos en el lugar de la investigación, captación de

**Fotografía 4: Instalación del filtro en el agua potable para el distrito de Paucarcolla del río Totorani, adaptando los cilindros en un piso estable y nivelado para que estos puedan ser utilizados adecuadamente al momento de realizar las pruebas planificadas de filtración que se realizaran posterior a esto, seguidamente una vez ya situados los**



agua potable para el distrito de Paucarcolla del río Totorani, adaptando los cilindros en un piso estable y nivelado para que estos puedan ser utilizados adecuadamente al momento de realizar las pruebas planificadas de filtración que se realizaran posterior a esto, seguidamente una vez ya situados los

cilindros pasamos a situar el medio filtrante que en este caso es la arena, para ello estos deben estar libres de arcilla o impurezas vegetales donde se realizara un lavado general como se muestran a continuación.

Fotografía 5: Lavado de arena



fotografía 6: colocado de grava



### 3.2.3.2 Ubicación del material filtrante (arena)

La grava se situará con una altura de 10 cm, en el fondo de cada cilindro esto servirá como un drenaje de salida del agua, el tamaño es relativamente uniforme de un diámetro aproximado de  $\frac{1}{2}$  pulgada.

Seguidamente de la grava se puso una capa de arena gruesa de 03 cm, con el fin de retener la arena fina para que no fluya con el agua el tamaño aproximado es de 02 a 05 mm de diámetro.

Una vez puesta la grava y la arena gruesa se pasa a introducir la arena fina al filtro N° 1 y arena gruesa al filtro N°2 con una altura de 55 cm.

Posterior a esto se sitúa un difusor (malla) encima del material filtrante para que el agua que ingrese al filtro no remueva las partículas de arena, posterior a esto se abastecerá de agua del río a los filtros.

Una vez instalados los cilindros pilotos con las arenas seleccionadas para cada uno de estos, sus características granulométricas son las siguientes:

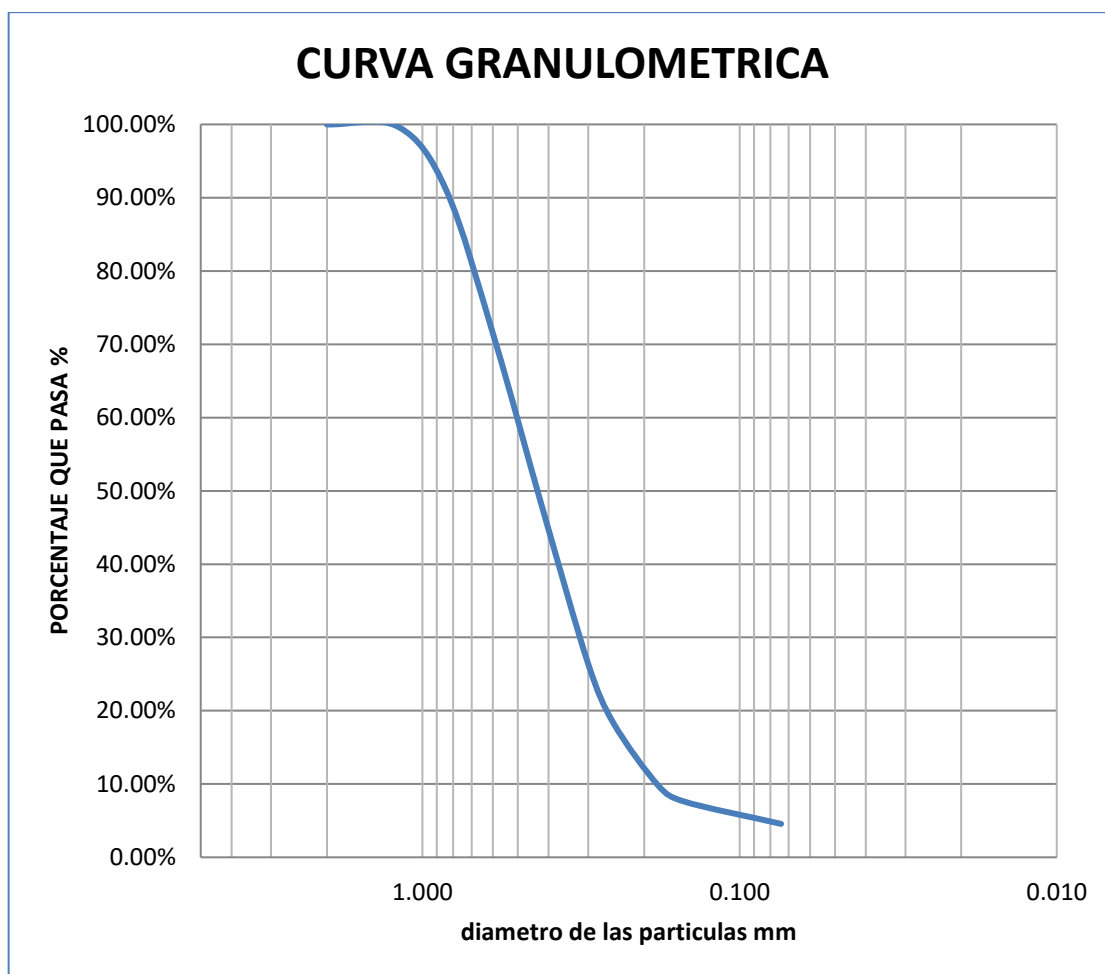
Para el filtro N° 1 tenemos arena fina con la siguiente granulometría:

**Tabla 14: Análisis granulométrico para filtro N° 1 con arena fina**

NUMERO DE TAMIS	DIAMETRO mm	MASA DE SUELO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA
n° 10	2.000	0.00	0	100.00%
n° 16	1.190	2.50	0.34%	99.66%
n° 20	0.840	64.00	8.69%	90.97%
n° 30	0.590	151.00	20.50%	70.47%
n° 40	0.420	166.30	22.58%	47.89%
n° 50	0.300	158.50	21.52%	26.37%
n° 60	0.250	59.20	8.04%	18.33%
n° 80	0.180	63.30	8.59%	9.74%
n° 100	0.149	15.80	2.15%	7.59%
n° 200	0.074	22.30	3.03%	4.56%
base		33.60	4.56%	0.00%
total		736.50	100.00%	

FUENTE: ELABORACION PROPIA

Grafico 3: Curva granulométrica de filtro N° 1 arena fina



FUENTE: ELABORACION PROPIA

CU=	2.808
CZ=	1.101
D10=	0.182
D30=	0.32
D60=	0.511



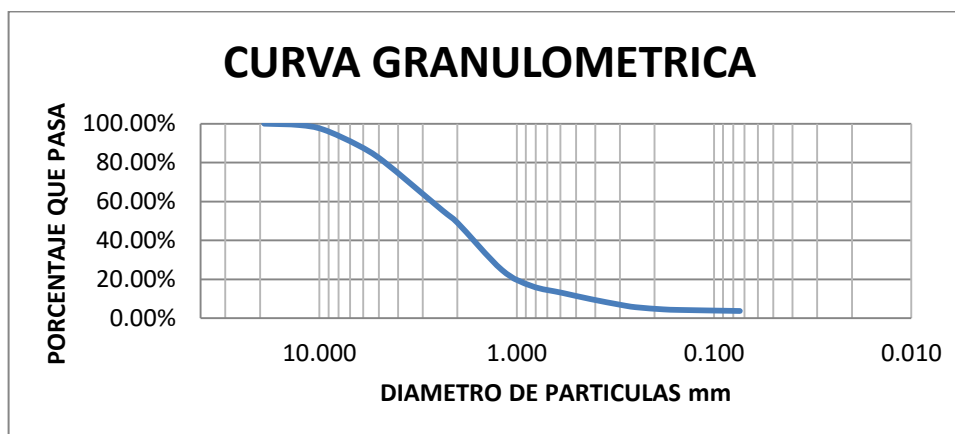
Para el filtro N° 2 tenemos arena gruesa con la siguiente granulometría:

**Tabla 15: Análisis granulométrico para filtro N° 2 con arena gruesa**

NUMERO DE TAMIS	DIAMETRO mm	MASA DE SUELO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	PORCENTAJE QUE PASA
3/4"	19.050	0.00	0	100.00%
1/2"	12.700	13.90	0.69%	99.31%
3/8"	9.525	47.80	2.38%	96.92%
1/4"	6.350	162.70	8.11%	88.81%
nº 4	4.760	160.70	8.01%	80.80%
nº 8	2.380	509.50	25.40%	55.40%
nº 10	2.000	125.90	6.28%	49.13%
nº 16	1.190	487.10	24.28%	24.84%
nº 20	0.840	166.10	8.28%	16.56%
nº 30	0.590	70.20	3.50%	13.06%
nº 40	0.420	65.80	3.28%	9.78%
nº 50	0.300	56.90	2.84%	6.94%
nº 60	0.250	25.60	1.28%	5.67%
nº 80	0.180	22.70	1.13%	4.54%
nº 100	0.149	5.70	0.28%	4.25%
nº 200	0.074	10.80	0.54%	3.71%
base		74.50	3.71%	0.00%
total		2005.90	100.00%	

FUENTE: ELABORACION PROPIA

**Gráfico 4: Curva granulométrica para filtro N° 2 con arena gruesa**



FUENTE: ELABORACION PROPIA

CU=	6.522
CZ=	1.531
D10=	0.431
D30=	1.362
D60=	2.811

### 3.2.4 Etapa de maduración

Dada finalizado el proceso de instalación pasamos a la etapa de maduración de los filtros, que consiste en edad del desarrollo microbiológico de la biomembrana y del medio filtrante.

Según los antecedentes encontrados sobre este tipo de filtros es necesario que los filtros no sean utilizados inmediatamente, si no que estos deben madurar un cierto tiempo para su eficacia en la retención o eliminación de coliformes y bacterias de las aguas a tratar. En el caso de esta investigación se da un periodo de maduración de 8 días a partir del primer día de ser instalado, sin descuidar que el filtro se encuentre sin agua, se debe hacer pasar el agua por el filtro por lo menos una vez por día.

### 3.2.5 Muestreo y análisis del agua tratada

Las primeras muestras, se recogió el 8<sup>vo</sup> día de los dos filtros pilotos, tanto del filtro n°1 con arena fina y del filtro n°2 con arena gruesa, para luego hacer sus respectivos análisis físico químicos y bacteriológicos. Los recipientes para el regajo del agua deben de estar limpios y transparentes esto con el fin de que no puedan producirse alteraciones del agua, luego ser conducidos a los respectivos laboratorios. Las siguientes muestras se recogieron el 10<sup>mo</sup> día donde los resultados fueron los siguientes:



**Tabla 16: Resultados de 1era muestra del análisis físico químicos de los filtros**

CARACTERISTICAS	CANTIDAD DE 1 <sup>era</sup> MUESTRA	
	FILTRO N° 1 ARENA FINA	FILTRO N°2 ARENA GRUESA
Temperatura	12°C	11.5°C
Turbiedad	4 NTU	5 NTU
Ph	6.9	6.9
Dureza total como CaCO <sub>3</sub>	289.08 mg/l	253.44 mg/l
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub>	188.10 mg/l	188.11 mg/l
Cloruros como Cl <sup>-</sup>	29.27 mg/l	32.72 mg/l
Sulfatos como SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	110.00 mg/l	112.00 mg/l
Nitratos como NO <sub>3</sub>	Negativo	Negativo
Calcio como Ca <sup>++</sup>	63.36 mg/l	49.10 mg/l
Magnesio como Mg <sup>++</sup>	31.52 mg/l	31.53 mg/l
Sólidos totales	70.20 mg/l	69.80 mg/l

FUENTE: ELABORACION PROPIA

**Tabla 17: Resultados de 1er análisis microbiológico del filtro**

CARACTERISTICAS	CANTIDADES DE 1ERA MUESTRA	
	FILTRO N°1 ARENA FINA	FILTRO N°2 ARENA GRUESA
NMP de coliformes totales/100ml	835	2400
NMP de E Coli/100ml	55	85

FUENTE: ELABORACION PROPIA

**Tabla 18: Resultados de 2da muestra del análisis físico químicos de los filtros**

CARACTERISTICAS	CANTIDAD DE 2 <sup>da</sup> MUESTRA	
	FILTRO ARENA FINA	FILTRO ARENA GRUESA
Temperatura	11.5°C	12°C
Turbiedad	1 NTU	5 NTU
Ph	7.1	7.6
Dureza total como CaCO <sub>3</sub>	399.96 mg/l	190.08 mg/l
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub>	125.40 mg/l	146.30 mg/l
Cloruros como Cl <sup>-</sup>	24.69 mg/l	30.99 mg/l
Sulfatos como SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	120.00 mg/l	4.00 mg/l
Nitratos como NO <sub>3</sub>	Negativo	Negativo
Calcio como Ca <sup>++</sup>	68.11 mg/l	22.17 mg/l
Magnesio como Mg <sup>++</sup>	55.39 mg/l	32.47 mg/l
Sólidos totales	68.70 mg/l	71.24 mg/l

Tabla 19: Resultados de 2do análisis microbiológico del filtro

CARACTERISTICAS	CANTIDADES DE 2da MUESTRA	
	FILTRO ARENA FINA	FILTRO ARENA GRUESA
NMP de coliformes totales/100ml	25	400
NMP de E Coli/100ml	5	35

FUENTE: ELABORACION PROPIA

El procesamiento de la información se realizó en gabinete, en función a los resultados obtenidos de laboratorio que fueron recogidos del río, y de los filtros lentos (pilotos) de la investigación, del análisis físico químicos y bacteriológicos para luego ser sistematizados en archivos digitales de tal forma llegar a los resultados esperados.

Para finalizar se interpretan los resultados de la calidad del agua mediante comparaciones con los estándares de calidad de agua dadas por la organización mundial de la salud (OMS) y el Ministerio de Salud como límites permisibles apto para el consumo humano.

### 3.3 MATERIALES

- 02 cilindros de 55 galones
- 01 tuberías de ½ y 1 pulgada
- 01 pegamento para pvc
- 01 arco de cierra
- 02 valvula de cierre
- 01 pala
- 02 valdes
- arena fina y gruesa
- grava

- 01 camioneta para movilidad

### **3.3.1 Equipos**

- 01 medidor de pH
- 01 turbidimetro
- 01 GPS
- 01 cámara fotográfica
- 01 equipo de computo
- 01 impresora
- 01 tóner para impresiones

### **3.3.2 Material de escritorio**

- 25 unid folder tipo manila
- 03 millares de papel bon A4
- 06 unid de lapiceros
- 01 archivador de palanca lomo ancho
- 01 tablero de plástico A4

### **3.3.3 Insumos**

- Combustible
- Lubricantes
- viáticos

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 DIAGNOSTICO ACTUAL DEL RIO TOTORANI

Las aguas del río Totorani se encuentran alteradas por la presencia de residuos sólidos, excremento de animales que pastan y beben agua de este río. La zona agrícola también contamina de alguna forma por el uso de fertilizantes químicos y plaguicidas que son vertidos o arrastrados por las lluvias al río. Todo este conjunto de actividades provocan un grado de contaminantes.

Según los resultados físico químicos se encuentra en un estado normal lo que significa que químicamente es apto para el consumo humano, aceptó a un ítem de turbiedad que se encuentra en 30 NTU, indica que el volumen es alto para los límites permisibles dados por la organización mundial de la salud (OMS) que es solo de 5 NTU. No está en rango aceptable. En cuanto a los resultados microbiológicos se tiene alta presencia de Coliformes totales 3280 NMP/100ml y Coliformes fecales dentro de este ultimo la bacteria (E. Coli) de 255 NMP/100ml. Lo cual según las normas no es aceptable para el consumo humano según los estándares de calidad de agua de la OMS y DIGESA estos deben ser nulos. Esto se debe a los excrementos de los animales que se encuentran en la zona. Motivo por el cual se realiza esta investigación.

### 4.2 IMPLEMENTACION DE FILTROS LENTOS DE ARENA

El uso de estos filtros fueron elementales en la restricción de partículas en suspensión, materia orgánica, organismos patógenos presentes en el agua cruda del río Totorani. Pero especialmente en la retención de coliformes totales y fecales y el control de la turbidez a estándares normales para consumo humano.

La granulometría utilizada para cada uno de estos fue fundamental en la obtención de buenos resultados en la filtración de las aguas, puesto que estos materiales estuvieron libres de arcilla o impurezas vegetales. También es importante tener una uniformidad de las partículas, como también un peso específico adecuado y un espesor de la capa filtrante. Estos fueron los factores que llevaron a un buen funcionamiento de los filtros lentos de arena.

Tabla 20: Resumen de rangos de calidad de agua en fuentes superficiales.

RANGO	NIVEL PROMEDIO
BAJO	TURBIEDAD < 10 NTU COLIFORMES FECALES < 500 UFC/100ML COLOR REAL < 20 UPC
INTERMEDIO	TURBIEDAD 10 – 20 UNT COLIFORMES FECALES 500 – 10000 UFC/100ML COLOR REAL 20 – 30 UPC
ALTO	TURBIEDAD 20 – 70 UNT COLIFORMES FECALES 10000 – 20000 UFC/100ML COLOR REAL 20 – 30 UPC

FUENTE: OPS/CEPIS/UNATSABAR LIMA 2005

### 4.3 LA CALIDAD DEL AGUA EN BASE A LOS PARÁMETROS PERMISIBLES CON FINES DE CONSUMO HUMANO.

Durante el periodo de la investigación se realizo muestreos de las aguas antes y después de las filtraciones para realizar comparaciones de los resultados físicos químicos y microbiológicos con los límites permisibles dados por la organización mundial de la salud OMS y el ministerio de salud atreves del reglamento de calidad de agua apta para consumo humano. Esto ayudara a determinar la eficiencia de los filtros lentos de arena pilotos, si son o no eficientes en la reducción de la turbiedad, partículas en suspensión y Coliformes totales y fecales.

Los datos se obtuvieron de los análisis realizados en laboratorio tanto como los físicos químicos y microbiológicos adecuadamente y responsablemente.

**Tabla 21: Datos fisicoquímicos de las muestras del río Totorani**

PARAMETROS	UNIDAD	AGUA CRUDA DE RIO TOTORANI	AGUA CAPTADA DEL RIO TOTORANI	PRIMERA MUESTRA 8VO DIA		SEGUNDA MUESTRA 10MO DIA		LIMITE PERMISIBLE POR LA OMS Y DIGESA
				FILTRO CON ARENA FINA	FILTRO CON ARENA GRUESA	FILTRO CON ARENA FINA	FILTRO CON ARENA GRUESA	
TEMPERATURA	°C	11.5	11.7	12	11.5	11.5	12	-
TURBIEDAD	NTU	30	25	4	5	1	5	5
Ph	-	6.5	7.3	6.9	6.9	7.1	7.6	6.5 - 8.5
DUREZA TOTAL	mg/l	162.36	201.96	289.08	253.44	299.96	190.08	500
ALCALINIDAD como CaCO <sub>3</sub>	mg/l	146.3	146.32	188.1	188.11	125.4	146.3	150
CLORUROS como Cl <sup>-</sup>	mg/l	18.94	30.99	29.27	32.72	24.69	30.99	250
SULFATOS como SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	mg/l	89.6	86.6	110	112	120	4	250
NITRATOS como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	negativo	50
CALCIO como Ca <sup>++</sup>	mg/l	17.42	28.51	63.36	49.1	68.11	22.17	30 – 150
MAGNESIO como Mg <sup>++</sup>	mg/l	28.65	31.51	31.52	31.53	55.39	32.47	30 – 100
SOLIDOS TOTALES	mg/l	94.2	80.11	70.2	69.8	68.7	71.24	1000

FUENTE: ELABORACION PROPIA

**Tabla 22: Datos del análisis microbiológico de las muestras del río Totorani**

PARAMETROS	UNIDAD	AGUA CRUDA DE RIO TOTORANI	AGUA CAPTADA DEL RIO TOTORANI	PRIMERA MUESTRA 8VO DIA		SEGUNDA MUESTRA 10 DIA		LIMITE PERMISIBLE POR LA OMS Y DIGESA
				FILTRO CON ARENA FINA	FILTRO CON ARENA GRUESA	FILTRO CON ARENA FINA	FILTRO CON ARENA GRUESA	
COLIFORMES TOTALES	NMP/100M L	3280	3200	835	2400	25	400	0
E. COLI	NMP/100M L	255	240	55	85	5	35	0

FUENTE: ELABORACION PROPIA



Tabla 23 Datos para el análisis de la investigación

PARAMETROS	UNIDAD	AGUA CRUDA DE RIO TOTORANI	AGUA CAPTADA DEL RIO TOTORANI	PRIMERA MUESTRA 8VO DIA		SEGUNDA MUESTRA 10MO DIA		LIMITE PERMISIBLE POR LA OMS Y DIGESA
				FILTRO CON ARENA FINA	FILTRO CON ARENA GRUESA	FILTRO CON ARENA FINA	FILTRO CON ARENA GRUESA	
PARAMETROS FISICO-QUIMICOS								
TURBIEDAD	NTU	30	25	4	5	1	5	5
SOLIDOS TOTALES	mg/l	94.2	80.11	70.2	69.8	68.7	71.24	1000
PARAMETROS MICROBIOLÓGICOS								
COLIFORMES TOTALES	NMP/100 ML	3280	3200	835	2400	25	400	0
E. COLI	NMP/100 ML	255	240	55	85	5	35	0

FUENTE: ELABORACION PROPIA

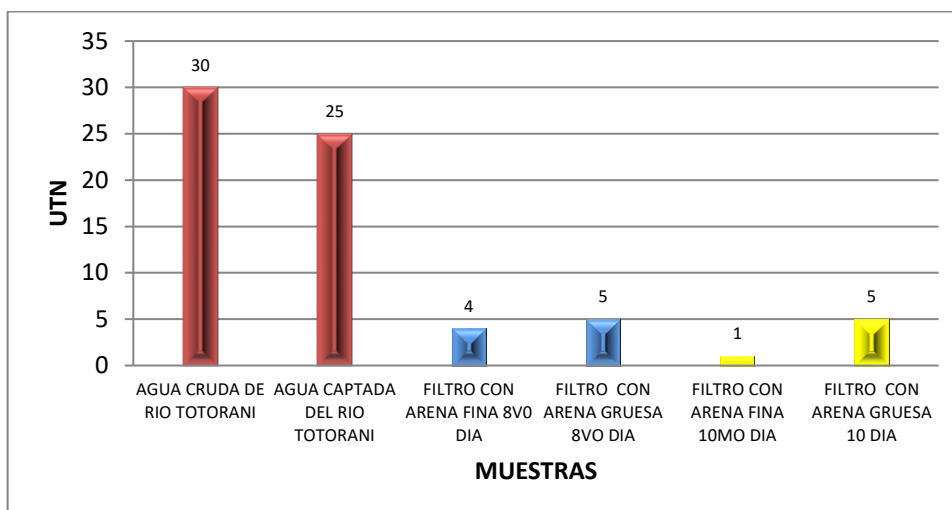
#### 4.3.1 Balance Gráficos de los parámetros físico Químicos de turbiedad y sólidos totales frente a las muestras de agua.

Los balances gráficos muestran el grado de comportamiento de las diferentes muestras físico-químicos. Estos indican si las muestras de los filtros de arena con respecto a la Turbiedad y sólidos totales son favorables.

##### 4.3.1.1 Turbiedad

La concentración más alta de turbiedad se registró en la muestra de agua cruda del río Totorani con 30 UTN. Lo que, según las normas del reglamento de calidad de agua para consumo humano y la OMS su límite máximo permisible es de 5 UTN. Esto no sería aceptable para consumo humano, pero sin embargo en la 2da filtración con arena fina se obtiene un valor de 1 UTN, el cual si es aceptable. Incluso las 3 muestras por filtración con arena son adecuadas para consumo humano.

Grafico 5: Turbiedad

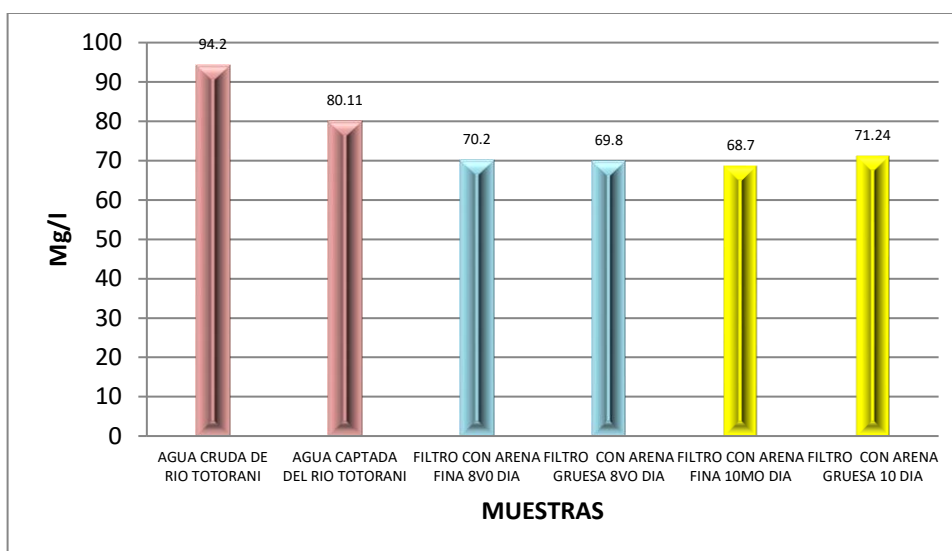


FUENTE: PROPIA

### 4.3.1.2 Sólidos Totales

Según los valores obtenidos, los filtros con arena fina y arena gruesa están entre 68.70 mg/l y 71.24 mg/l respectivamente en la segunda muestra. Donde se nota una ligera retención de sólidos totales frente al agua cruda de 94.20 mg/l. Sin embargo ambos resultados se encuentran dentro del rango de aceptabilidad para el consumo humano dado por la OMS y el reglamento de calidad de agua que es de 1000 mg/l.

Grafico 6: Sólidos Totales



#### 4.3.2 Balance gráfico de los parámetros microbiológicos de coliformes totales y e. coli, frente a las muestras de agua.

Las comparaciones graficas nos demuestra el grado de diferencia de las muestras de agua obtenidas, esto permite identificar cual de las muestras es eficiente en la purificación del agua con respecto a los coliformes totales y e. coli. Pero para esta investigación se desea conocer cuál es el comportamiento del los filtros lentos de arena frente al análisis microbiológico.

##### 4.3.2.1 Coliformes Totales

Según la organización mundial de la salud y el ministerio de salud indican que, para que un agua sea apta para consumo humano estos deben ser libres de contener Coliformes totales/100ml de agua. Sin embargo los resultados del agua cruda y de los filtros con arena fina y gruesa no llegan a cero, pero si se tiene una considerable reducción de Coliformes totales, de 3280 NMP de la muestra del agua cruda de rio Totorani. Reduciéndolos en una primera y segunda muestra de filtración con arena fina de 835 NMP a 25 NPM de Coliformes totales respectivamente. Siendo este el más eficaz con respecto a la primera y segunda muestra con arena gruesa de 2400 NMP a 400 NMP de Coliformes totales/100ml.

**Grafico 7: Coliformes Totales**



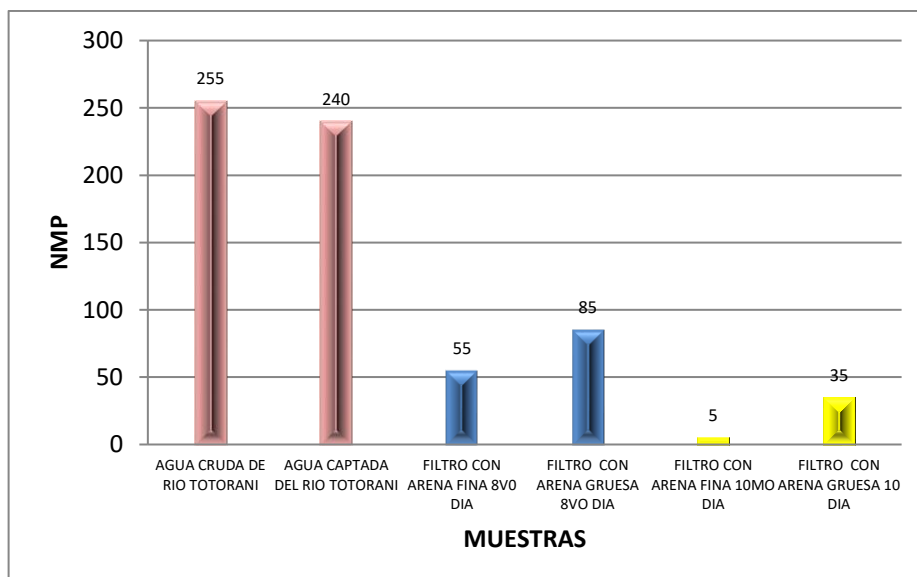
FUENTE: ELABORACION PROPIA

### 4.3.2.2 E. Coli

Del mismo modo tomando en cuenta los límites máximos permisibles dados por la organización mundial de la salud OMS y el ministerio de salud. Sostiene que para que un agua sea apta para consumo humano estos deben estar libres de E. Coli/100ml.

Las muestras de los filtros lentos de arena fina y gruesa, redujeron considerablemente esta bacteria. El agua cruda del rio Totorani contenía 255 NMP de E. Coli/100ml, este valor se compara con la primera y segunda filtración con arena fina dando como resultado 55 NMP a 5 NMP de E. Coli/100ml, lo mismo para la primera y segunda filtración con arena gruesa dando como resultado 85 NMP a 35 NMP de E.Coli/100ml. El cual se afirma que la segunda muestra del filtro con arena fina es el más eficiente frente a las demás muestras.

Grafico 8: E. Coli



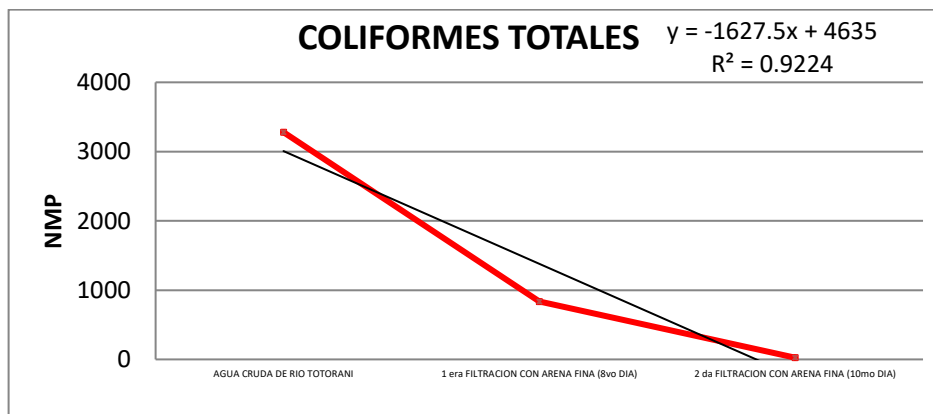
FUENTE: ELABORACION PROPIA

### 4.3.3 Relación entre el análisis microbiológico y el filtro de arena fina en la purificación del agua del rio Totorani.

#### 4.3.3.1 Coliformes Totales con filtro lento de arena fina.

La línea de tendencia indica una correlación negativa significativa de un 92.2% en función de coliformes totales con respecto a las muestras del filtro lento de arena fina. Es decir la segunda muestra del filtro con arena fina demuestra una eficacia de importancia de importancia.

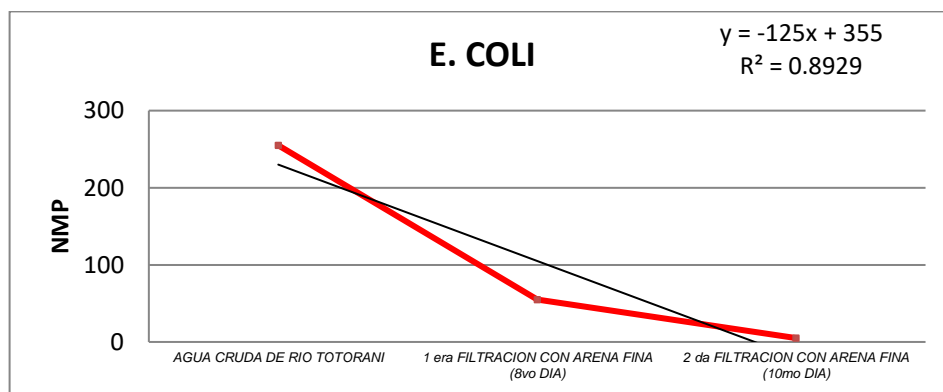
Grafico 9: Línea de tendencia de Coliformes Totales entre filtro con Arena Fina



#### 4.3.3.2 E.Coli entre filtro lento de arena fina

También existe una correlación negativa significativa de un 89.2% con respecto al filtro lento de arena fina y e. coli. Esto indica que la aplicación del filtro es adecuada para contrastar la bacteria de e. coli.

Grafico 10: Línea de tendencia de E.Coli con arena fina



FUENTE: ELABORACION PROPIA

#### 4.4 EFECTOS DE LOS PARÁMETROS MEJORADOS CON LAS PRUEBAS DE FILTRACIÓN LENTA DE ARENA.

La investigación tiene como objetivo mejorar y purificar la calidad de agua del río Totorani, en los parámetros de turbiedad, Coliformes totales y Coliformes fecales (E. Coli). Donde se obtuvo datos de laboratorio de los respectivos análisis físicos químicos y microbiológicos, el cual fueron sistematizados y dando como resultado. Lo que se muestra en la tabla.

**Tabla 24: Porcentajes de eficiencia de los filtros**

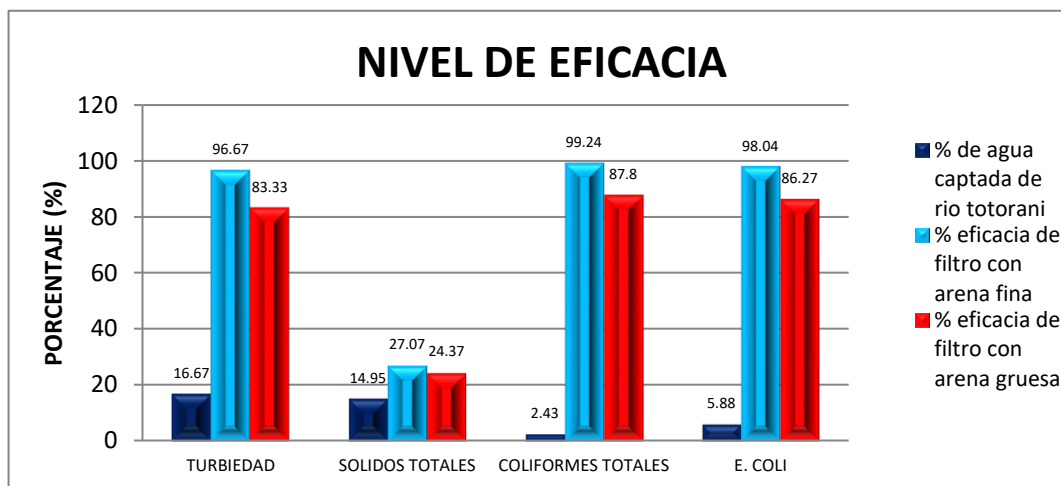
PARAMETROS	UNIDAD	AGUA CRUDA RIO TOTORANI	AGUA CAPTADA RIO TOTORANI	%	FILTRO LENTO DE ARENA FINA	%	FILTRO LENTO DE ARENA GRUESA	%
TURBIEDAD	UTN	30	25	16.67	1	96.67	5	83.33
SOLIDOS TOTALES	Mg/l	94.20	80.11	14.95	68.70	27.07	71.24	24.37
COLIFORMES TOTALES	NMP/100ML	3280	3200	2.43	25	99.24	400	87.8
E. COLI	NMP/100ML	255	240	5.88	5	98.04	35	86.27

FUENTE: ELABORACION PROPIA

##### 4.4.1 Nivel de eficacia

La eficacia es patente, en este caso se trata del filtro lento con arena fina que tiene los porcentajes más altos en la moderación de la turbiedad y los sólidos totales y especialmente en la retención de Coliformes totales y de E. Coli.

**Grafico 11: Comparación de eficacia de los filtros lentos de arena**



## 4.5 PRUEBA DE HIPOTESIS

### 4.5.1 Relación entre las muestras del agua y el análisis físico químicos en parámetros de turbiedad y sólidos totales.

#### Determinación para la prueba de hipótesis

$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ . El valor de los parámetros fisicoquímicos de turbiedad y sólidos totales son IGUALES frente a las muestras de agua captada, filtro lento con arena fina y filtro lento con arena gruesa.

$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$ . El valor de los parámetros fisicoquímicos de turbiedad y sólidos totales son DIFERENTES frente a las muestras de agua captada, filtro lento con arena fina y filtro lento con arena gruesa.

#### Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05 = (95\%)$$

#### Regla de decisión

si,  $F_c \leq F_t$ : se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula.

si,  $F_c > F_t$ : se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

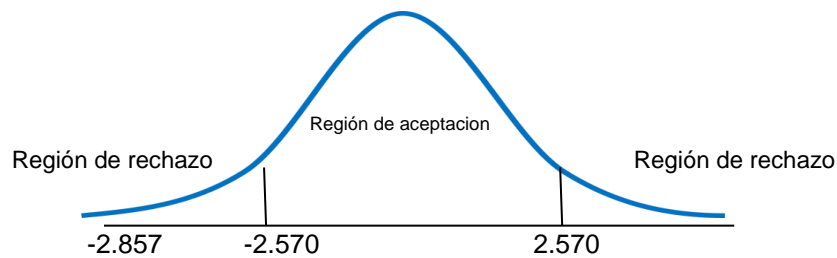
**Tabla 25: Estadísticos de muestras relacionadas**

	MEDIA	N	DESVIACION TIPICA	ERROR TIPICO DE LA MEDIA
TIPO DE FILTROS	2.00	6	0.894	0.365
ANALISIS FISICOQUIMICOS	43.84	6	36.28670	14.81398

Tabla 26: Prueba de muestras relacionadas

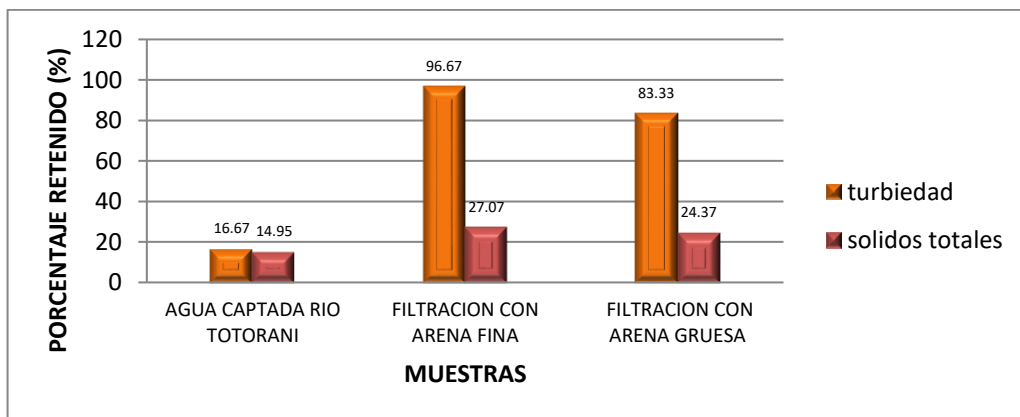
	DIFERENCIAS RELACIONADAS					t	GL	P – VALOR
	MEDIA	DESVIACION TIPICA	ERROR TIPICA DE LA MEDIA	95% INTERVALO DE CONFIANZA PARA LA DIFERENCIA				
				INFERIOR	SUPERIOR			
MUESTRAS – ANALISIS FISICOQUIMICO	-41.84333	35.87607	14.64635	-79.49296	-4.19370	-2.857	5	0.036

Teniendo los resultados de la tabla de prueba de muestras relacionadas. Se obtiene que  $T_c = -2.857 > T_t = -2.570$  con un nivel de confianza del 95%.



Donde se concluye lo siguiente: **se rechaza la  $H_0$**  = sostiene que los parámetros de turbiedad y sólidos totales frente a las muestras de agua captada del río Totorani y los filtros lentos de arena son iguales. En tanto **se acepta la  $H_a$**  = indica que los parámetros de turbiedad y sólidos totales son diferentes ante las muestras de agua captada del rio Totorani y los filtros lentos de arena.

Grafico 12: eficacia de turbiedad y Sólidos totales





**4.5.1.1 Relación entre el filtro con arena fina y filtro con arena gruesa con respecto a la turbiedad y sólidos totales.**

$H_0$  = los valores de las muestras de FLAF y FLAG son iguales con respecto a los parámetros de turbiedad y sólidos totales.

$H_1$  = los valores de las muestras de FLAF y FLAG son diferentes con respecto a los parámetros de turbiedad y sólidos totales.

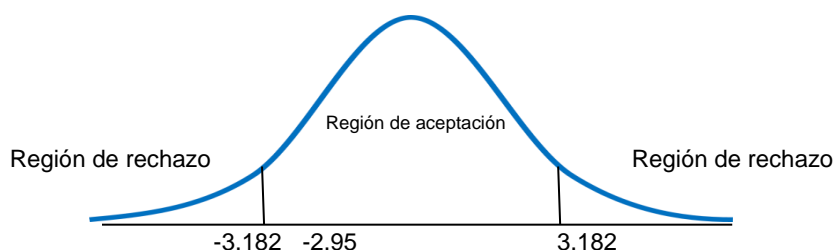
**Tabla 27: Estadísticos de muestras relacionadas**

	MEDIA	N	DESVIACION TIPICA	ERROR TIPICO DE LA MEDIA
TIPO DE FILTROS	2.50	4	0.577	0.289
ANALISIS FISICOQUIMICO	57.8600	4	37.52573	18.76286

**Tabla 28: Prueba de muestras relacionadas**

	DIFERENCIAS RELACIONADAS					t	GL	P – VALOR
	MEDIA	DESVIACION TIPICA	ERROR TIPICA DE LA MEDIA	95% INTERVALO DE CONFIANZA PARA LA DIFERENCIA				
				INFERIOR	SUPERIOR			
FILTRACIONES – ANALISIS FISICOQUIMICO	55.36000	37.60134	18.80067	115.19211	4.47211	-2.945	3	0.060

Se obtiene una  $T_c = -2.95 < T_t = -3.182$  con un nivel de significancia del 95%.



Se concluye: se rechaza la  $H_1 =$  donde indica que los FLAF y FLAG son diferentes y se acepta la  $H_0 =$  donde sostiene que los valores de los FLAF y FLAG, en los parámetros de turbiedad y sólidos totales son iguales.

Esto lleva a demostrar que estadísticamente el FLAF y FLAG son iguales. Pero estos a su vez, nos muestra en la prueba anterior existe una diferencia significativa con respecto a la muestra de agua captada del río Totorani. Lo cual deducimos que ambos filtros son eficaces frente a la turbiedad y sólidos totales.

#### 4.5.2 Prueba de hipótesis para el análisis microbiológico de los parámetros de coliformes totales y e.coli frente a las muestras.

##### Determinación de la prueba de hipótesis

$H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ . El valor de los parámetros microbiológicos de coliformes totales y e. coli son IGUALES frente a las muestras de agua captada, filtro lento con arena fina y filtro lento con arena gruesa.

$H_1 = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$ . El valor de los parámetros microbiológicos de coliformes totales y e. coli son DIFERENTES frente a las muestras de agua captada, filtro lento con arena fina y filtro lento con arena gruesa.

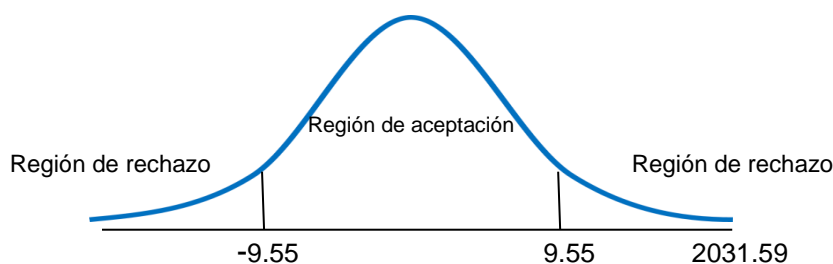
**Tabla 29: Media microbiológico**

GRUPO	AGUA CAPTADA	FILTRO CON ARENA FINA	FILTRO CON ARENA GRUESA	TOTAL
N	2	2	2	6
MEDIA	4.1550	98.6400	87.0350	63.2767
DESVIACION TIPICA	2.43952	0.84853	1.08187	46.10560
MINIMO	2.43	98.04	86.27	2.43
MAXIMO	5.88	99.24	87.80	99.24

Tabla 30: Prueba anova de un factor

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	P .VALOR
Inter-grupos	10620,790	2	5310,395	2031,598	,000
Intra-grupos	7,842	3	2,614		
Total	10628,632	5			

Tenemos  $F_c = 2031.598 > F_t = 9.55$  con una significancia del 0.05%.



Se concluye. Como  $F_c > F_t$ . Esta cae en la región de rechazo, se asume lo siguiente **se rechaza la  $H_0$**  = El valor de los parámetros microbiológicos de coliformes totales y e. colí son IGUALES frente a las muestras de agua captada, filtro lento con arena fina y filtro lento con arena gruesa. Y **se acepta la  $H_1$**  = El valor de los parámetros microbiológicos de coliformes totales y e. colí son diferentes frente a las muestras de agua captada, filtro lento con arena fina y filtro lento con arena gruesa.

La prueba muestra que existe significancia. Pero sin embargo no se conoce cuál de las muestras es más significativa de los otros, para tal efecto se hace una nueva prueba de post hoc para determinar la diferencia entre las muestras.

Pruebas post hoc

Tabla 31: Comparaciones múltiples de Tukey

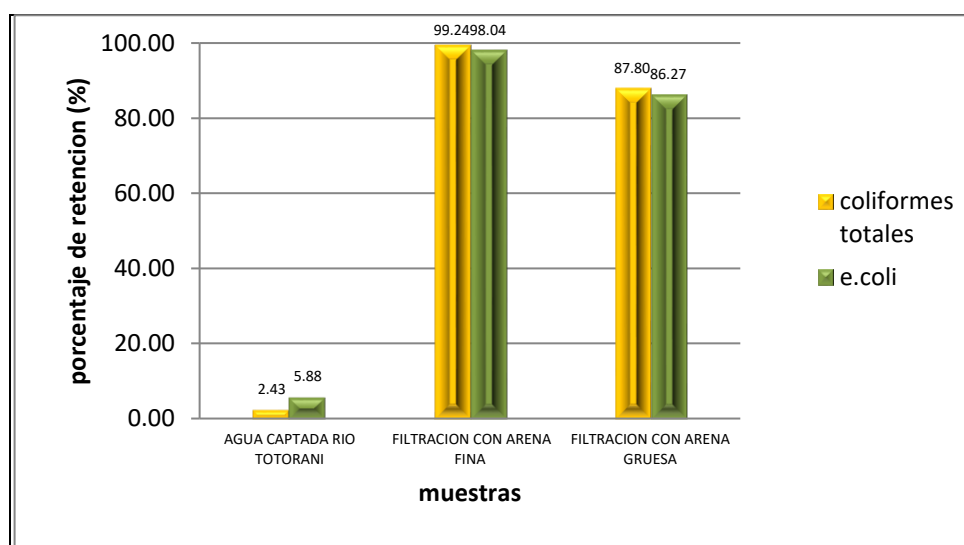
GRUPO I	GRUPO J	DIFERENCIA DE MEDIAS	ERROR TIPICO	P VALOR	INTERVALO DE CONFIANZA AL 95 %	
					LIMITE SUPERIOR	LIMITE INFERIOR
AGUA CAPTADA	F.C.A.F	-94.48500	1.61676	0.000	-101.2410	-87.7290
	F.C.A.G	-82.88000	1.61676	0.000	-89.6330	-76.1240
FILTRO CON ARENA FIANA	AGUA CAP.	94.48500	1.61676	0.000	87.7290	101.2410
	F.C.A.G	11.60500	1.61676	0.011	4.8490	18.3610
FILTRO CON ARENA GRUESA	AGUA CAP.	82.88000	1.61676	0.000	76.1240	89.6360
	F.C.A.F	-11.60500	1.61676	0.011	-18.3610	-4.8490

La diferencia de medias es significativa al nivel .05. Es decir que las tres muestras son distintas unas a las otras, viendo que el p-valor es menor que 0.05 y el límite superior con el límite inferior tienden a llevar signos iguales por lo que se concluye que son diferentes.

Tabla 32: Subconjuntos homogéneos HSD de TUKEY

TIPOS DE FILTRO	N	SUBCONJUNTO PARA ALFA = 0.05		
		2	3	1
AGUA CAPTADA	2	4.1550		
FILTRO CON ARENA GRUESA	2		87.0350	
FILTRO CON ARENA FINA	2			98.6400
P-VALOR		1.000	1.000	1.000

Grafico 13: diferencia de muestras



**4.5.3 DIFERENCIA MICROBIOLÓGICA ENTRE FILTRO CON ARENA FINA Y FILTRO CON ARENA GRUESA.**

**Determinación de hipótesis.**

$H_0$  = los valores microbiológicos de coliformes totales y e. coli del filtro con arena fina ES IGUAL a los valores microbiológicos de coliformes totales y e. coli del filtro con arena gruesa.

$H_1$  = los valores microbiológicos de coliformes totales y e. coli del filtro con arena fina SON DIFERENTES a los valores microbiológicos de coliformes totales y e. coli del filtro con arena gruesa.

**Nivel de significancia**

$\alpha = 0.05 = (95\%)$

**Regla de decisión**

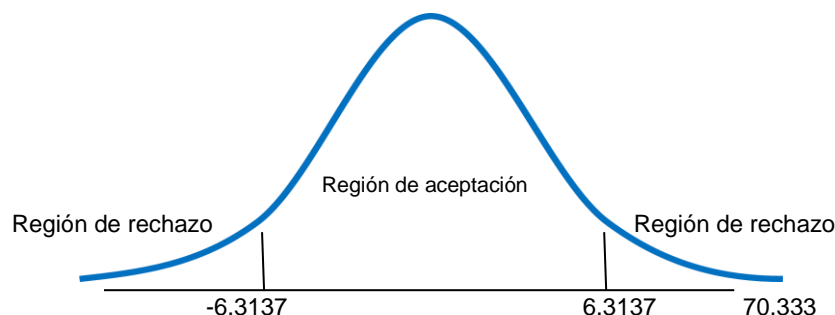
si,  $F_c \leq F_t$  : se rechaza la hipótesis alterna y se acepta la hipótesis nula.

si,  $F_c > F_t$  : se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

**Tabla 33: Prueba t para medias de dos muestras emparejadas**

	Filtro con arena fina	Filtro con arena gruesa
Media	98.64	87.035
Varianza	0.72	1.17045
Observaciones	2	2
Coeficiente de correlación de Pearson	1	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	1	
Estadístico t	70.3333333	
$P(T \leq t)$ una cola	0.00452543	
Valor crítico de t (una cola)	6.31375151	
$P(T \leq t)$ dos colas	0.00905086	
Valor crítico de t (dos colas)	12.7062047	

Teniendo los resultados de la tabla de prueba de medias de dos muestras emparejadas. Se obtiene que  $T_c = 70.3333 > T_t = 6.3137$  con un nivel de confianza del 95%.



Se concluye que, **se rechaza la  $H_0$**  = los valores microbiológicos de coliformes totales y e. colí del filtro con arena fina ES IGUAL a los valores microbiológicos de coliformes totales y e. colí del filtro con arena gruesa. Y **se acepta la  $H_1$**  = los valores microbiológicos de coliformes totales y e. colí del filtro con arena fina SON DIFERENTES a los valores microbiológicos de coliformes totales y e. colí del filtro con arena gruesa.

Viendo la grafica estadística anterior se demuestra que la muestra del filtro lento con arena fina es el más eficiente con respecto a los parámetros microbiológicos en la retención de coliformes totales y e. colí.

## V. CONCLUSIONES

1. El uso de los filtros lentos de arena, en la purificación de las aguas del río Totorani, tuvo un comportamiento positivo llegando a los límites permisibles aptas para el consumo humano dados por la OMS y DIGESA, pues estas aguas no llegaban a los estándares aptos.
2. El diagnóstico del agua cruda del río Totorani, por medio de los análisis microbiológico y físico-químico, se detectó el alto contenido de Coliformes totales y fecales, además de una turbidez no agradable. Esto se debe a la presencia de animales domésticos como vacunos, ovinos, porcinos, etc. Que pastan alrededor del río e incluso se alimentan de algas y desechan su excremento en el mismo río.
3. La implementación de los filtros lentos de arena fina y gruesa, para purificar la calidad de agua del río Totorani es confiable, puesto que se ha comprobado mediante el análisis microbiológico en laboratorio, que los niveles contaminantes se redujeron en un porcentaje considerable. Siendo el más eficaz el uso del filtro lento de arena fina por la retención de coliformes totales en un 99.24% y E. Coli en un 98.04%. Además de mejorar la claridad del agua debido a la turbiedad en un 96.67%. Comparado con el antecedente del río Kuychiro estos se redujeron en coliformes totales 80.91% y un 67.39% en coliformes termo tolerantes, lo cual indica que el uso de los filtros son adecuados en la purificación del agua.
4. Se comprobó mediante pruebas estadísticas, que el filtro lento con arena fina fue el más eficaz frente al filtro lento con arena gruesa, en el control y retención de la turbidez, coliformes totales y E.Coli.

## VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a las autoridades competentes de saneamiento, para que tomen en cuenta, que no solo es llevar agua a las poblaciones necesitadas, sino que también, estas deben estar libres de toda contaminación para que sea apta para el consumo humano como lo recomiendan los estándares de calidad de la organización mundial de la salud OMS y DIGESA. Para que en lo posterior no tengan consecuencias como enfermedades gastrointestinales principalmente.
- A la municipalidad distrital de Paucarcolla, para que promueva la construcción de una planta de tratamiento de filtros lentos de arena, por lo que se demostró en la investigación que son eficaces, para la purificación del agua del río Totorani, que actualmente se encuentra contaminada por presencia de Coliformes totales y fecales como la E. Coli en grado significativo.
- A los proyectistas de sistemas de agua potable, siempre realizar análisis físico químicos y microbiológicos de las aguas a captar, para luego determinar el tipo de tratamiento que se requiera. Puesto que no toda agua cristalina quiere decir que esté libre de contaminación.
- A las autoridades del agua, para que den capacitaciones de sensibilización en la importancia y el manejo de los ríos, manantes, bofedales etc. Porque cada vez son más contaminados.
- Se recomienda usar este tipo de filtros lentos de arena. A los pobladores que consumen agua de ríos, acequias, pozos, etc. En un cilindro de caucho. Ya que no es costoso ni difícil de instalar, de esa forma estarían consumiendo agua tratada.



## VII. BIBLIOGRAFIA

1. AGÜERO, R. (2003) “Agua potable para poblaciones rurales”. Asociación servicios educativos rurales Lima-Perú.
2. ARANO, C. (2002) “El ABC de hidroponia”. Editorial Limusa S.A. Argentina.
3. ARELLANO, J. (2002) “Introducción a la ingeniería ambiental”. Grupo editores Alfa Omega S.A., México.
4. CONSEJO NACIONAL DE LA SALUD (2007) “Comité Nacional de Salud Ambiental” proyecto de reglamento para la vigilancia y control sanitario de la calidad del agua para consumo humano lima, febrero.
5. Dirección General de saneamiento ambiental (DIGESA) – ministerio de salud “valores guía de limites máximo permisibles” Lima –Perú, 2005.
6. Guía de Purificación de agua por medio de filtros lentos de arena en la comunidad Kuychiro- Cusco. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, departamento académico de física laboratorio de calorimetría y medio ambiente.
7. HERNANDEZ, A. (1994). “Depuración de aguas residuales”. Colegio de ingenieros de camino, canales y puertos, 3<sup>ra</sup> edición. Madrid-España.
8. HILLEBOE, H. (2011) “Manual de tratamientos de agua”. Departamento de sanidad del estado de Nueva York, Albany. Editorial Limusa México.
9. JIMENO, E. (1998) “Análisis de aguas y desagües”. UNI oficina de bienestar universitario, 1998.
10. JUVENAL. (2009) “Agua segura, haciendo uso de sistemas unifamiliares y filtros de bioarena”. Soluciones prácticas, ITDG. biblioteca nacional del Perú.

11. LAMPOGLIA, T. (2011) "Orientaciones sobre Saneamiento para zonas rurales" área de desarrollo sostenible y salud ambiental OPS/CEPIS.
12. Organización mundial de la salud (OMS) "estándares de calidad de agua potable", Genova, 1993.
13. Reglamento de la calidad de Agua para Consumo Humano: D.S. N° 031-2010-SA / Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental - Lima: Ministerio de Salud; 2011.
14. ROJAS, R. (2002) "guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano" OPS/CEPIS, Lima – Perú.
15. ROMERO, J. (1999) "calidad del agua". grupo editores ALFAOMEGA S.A. México.
16. ROMERO, J. (2000) "Tratamientos de aguas residuales". Teoría y principios de diseño, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería Colombia.
17. SEOANEZ, M. (1995). "Aguas residuales urbanas". Ediciones Mundiprensa, Madrid-España.
18. SOLSONA, F. (2002) "Guías para elaborar normas de calidad de aguas de bebida en los países en desarrollo", CEPIS/OPS Lima-Perú.

## ANEXOS



**Fotografía 8: Presencia de animales en el río Totorani como Porcinos, Ovinos y Vacunos.**



**Fotografía 9: Contaminación del río Totorani por los las heces de los animales**



**Fotografía 10: Muestra de turbiedad del río Totorani**



**Fotografía 11: Camara humeda donde se muestra la clara turbiedad con que sale el agua**



**Fotografía 12: Preparación del filtro lento con los respectivos materiales**



**Fotografía 13: Llegada al lugar de la Captación para instalar los filtros pilotos**



**Fotografía 14: Lugar de la Captación y viendo el lugar donde se ubicaran los filtros**



**Fotografía 15: Preparación del terreno, nivelado y apisonado para la ubicación de los filtros**



**Fotografía 16: Colocado del 1er filtro de arena fina**



**Fotografía 17: Lavado de la grava que va en la base del filtro**



**Fotografía 18: Puesta de grava en la base el filtro**



**Fotografía 19: Suministrando agua a los filtros**





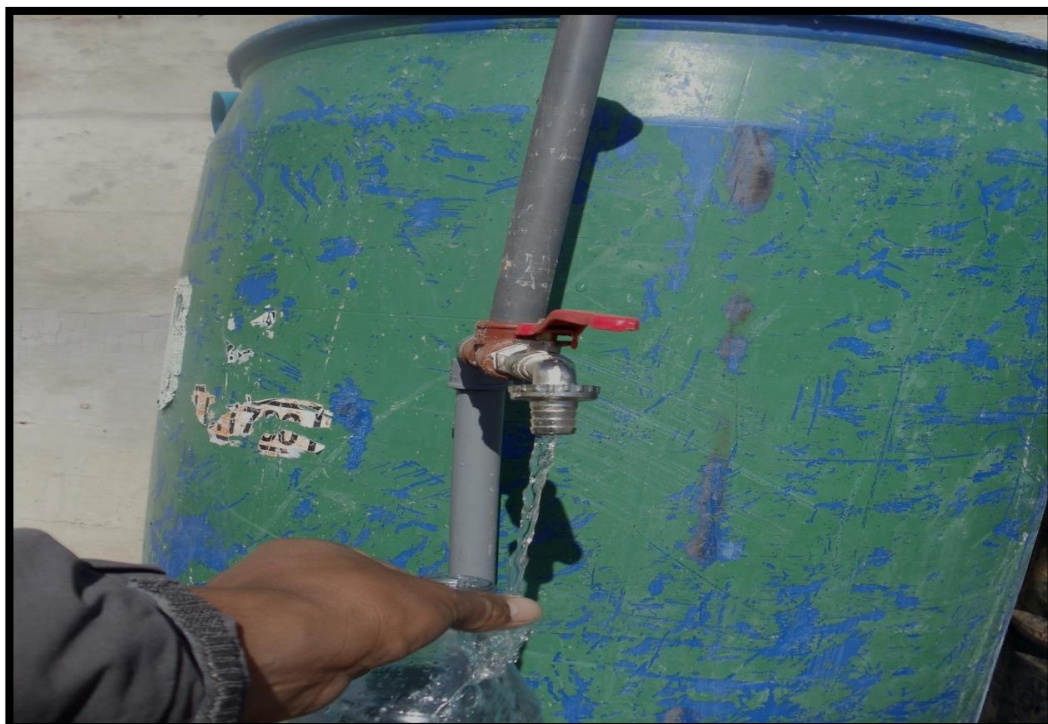
**Fotografía 20: Visualizando la salida del agua del filtro**



**Fotografía 21: Ultimando los detalles de la instalación de los filtros**



Fotografía 22: Observando la presencia de animales cerca al lugar de la investigación



Fotografía 23: Primera muestra recogida



**Fotografía 24: muestras recogidas**



**Fotografía 25: Segunda muestra recogida**

**ANALISIS FISICO QUIMICO**

*Universidad Nacional del Altiplano - Puno*  
**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**  
Ciudad Universitaria - Apartado 291 - Telefax: (051) 366190 - Fax (051) 366190

---

**ASUNTO: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUA DE RÍO (MUESTRA 1:  
AGUA CRUDA RÍO TOTORANI)**

---

PROCEDENCIA : Río Totorani Provincia Puno  
 INTERESADO : Bach. Bilardo Mamani Vargas  
 MOTIVO : Elaboración de Tesis de Investigación  
 MUESTREO : 17/09/2012 por el interesado  
 ANÁLISIS : 18/09/2012

---

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:**

ASPECTO : Líquido  
 COLOR : Incoloro  
 OLOR : Inodoro  
 SABOR : Insípido

---

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS:**

TEMPERATURA : 11,5°C  
 TURBIEDAD : 30 NTU  
 pH : 6,5  
 DUREZA TOTAL Como CaCO<sub>3</sub> : 162,36 mg/l  
 ALCALINIDAD Como CaCO<sub>3</sub> : 146,30 mg/l  
 CLORUROS como Cl<sup>-</sup> : 18,94 mg/l  
 SULFATOS como SO<sub>4</sub><sup>-</sup> : 89,60 mg/l  
 NITRATOS como NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : Negativo  
 CALCIO como Ca<sup>++</sup> : 17,42 mg/l  
 MAGNESIO como Mg<sup>++</sup> : 28,65 mg/l  
 SÓLIDOS TOTALES : 94,20 mg/l

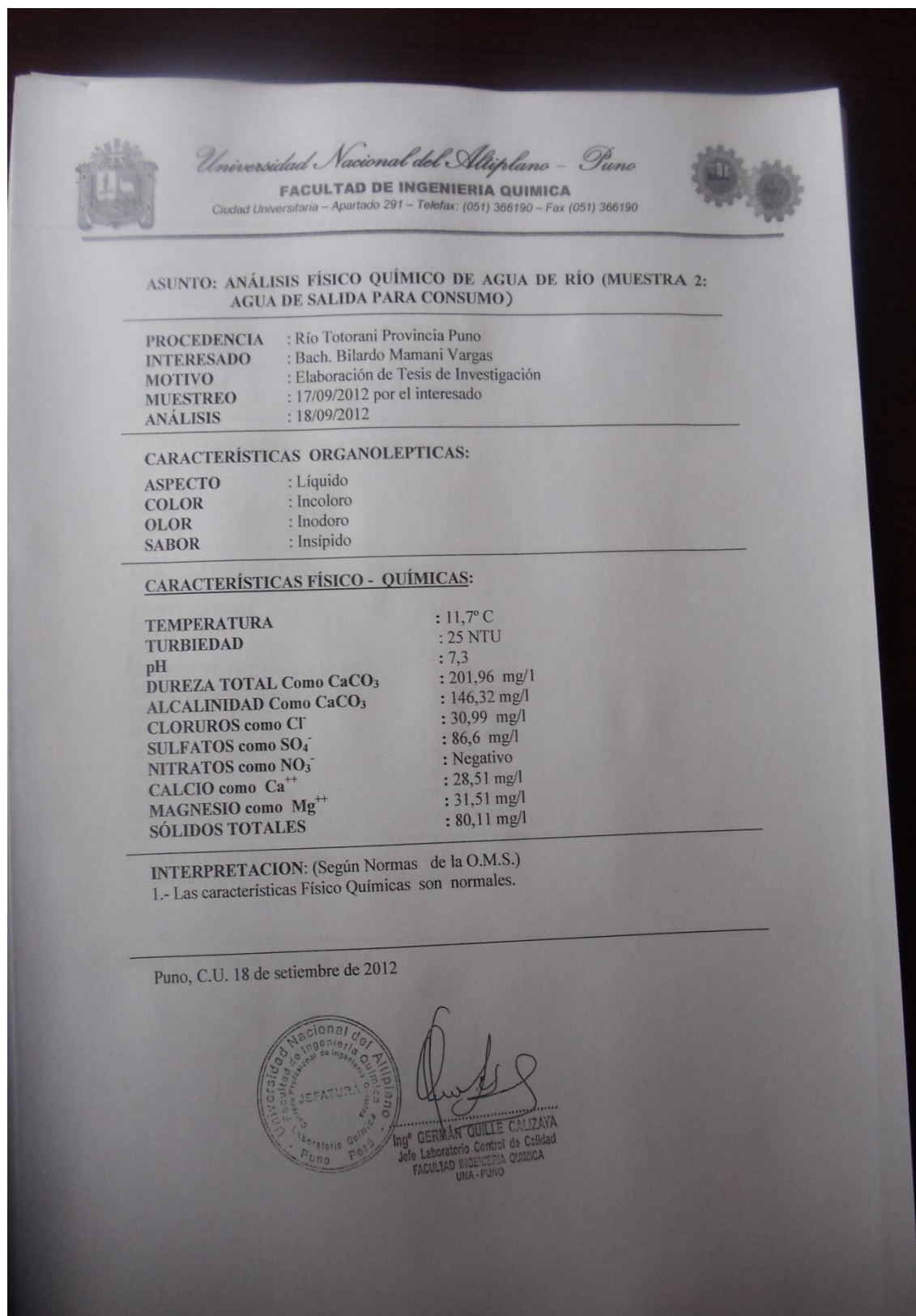
---

**INTERPRETACION:** (Según Normas de la O.M.S.)  
 1.- Las características Físico Químicas son normales.

---

Puno, C.U. 18 de setiembre de 2012

Ing<sup>o</sup> GERMAN QUILLE CALIZAYA  
 Jefe Laboratorio Central de Calidad  
 FACULTAD INGENIERIA QUIMICA  
 UNA - PUNO



*Universidad Nacional del Altiplano - Puno*  
**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**  
Ciudad Universitaria - Apartado 291 - Telefax: (051) 366190 - Fax (051) 366190

---

**ASUNTO: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUA DE RÍO (MUESTRA 3: FILTRO "1")**

---

**PROCEDENCIA** : Río Totorani Provincia Puno  
**INTERESADO** : Bach. Bilardo Mamani Vargas  
**MOTIVO** : Elaboración de Tesis de Investigación  
**MUESTREO** : 17/09/2012 por el interesado  
**ANÁLISIS** : 18/09/2012

---

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:**

**ASPECTO** : Líquido  
**COLOR** : Incoloro  
**OLOR** : Inodoro  
**SABOR** : Insípido

---

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS:**

TEMPERATURA	: 12 °C
TURBIEDAD	: 4 NTU
pH	: 6,9
DUREZA TOTAL Como CaCO <sub>3</sub>	: 289,08 mg/l
ALCALINIDAD Como CaCO <sub>3</sub>	: 188,10 mg/l
CLORUROS como Cl <sup>-</sup>	: 29,27 mg/l
SULFATOS como SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	: 110,00 mg/l
NITRATOS como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	: Negativo
CALCIO como Ca <sup>++</sup>	: 63,36 mg/l
MAGNESIO como Mg <sup>++</sup>	: 31,52 mg/l
SÓLIDOS TOTALES	: 70,20 mg/l

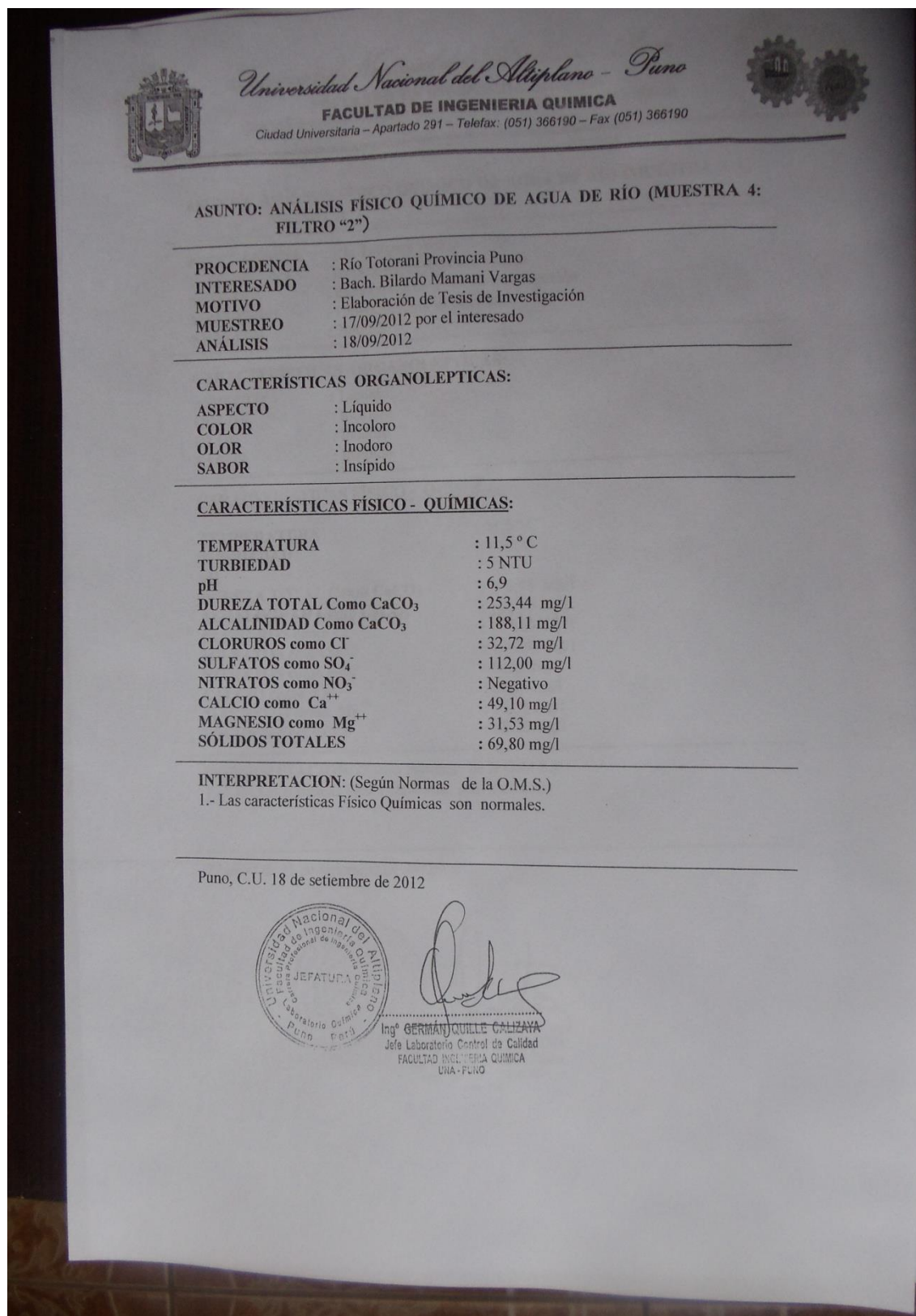
---

**INTERPRETACION:** (Según Normas de la O.M.S.)  
1.- Las características Físico Químicas son normales.

---

Puno, C.U. 18 de setiembre de 2012

Ing. GERMÁN QUILE CALIZAYA  
Jefe Laboratorio Control de Calidad  
FACULTAD INGENIERIA QUIMICA  
UNA - PUNO





*Universidad Nacional del Altiplano - Puno*  
**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**

Ciudad Universitaria - Apartado 291 - Telefax: (051) 366190 - Fax (051) 366190



**ASUNTO: ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUA DE RÍO (MUESTRA 3 A: FILTRO "1")**

PROCEDENCIA : Río Totorani Provincia Puno  
 INTERESADO : Bach. Bilardo Mamani Vargas  
 MOTIVO : Elaboración de Tesis de Investigación  
 MUESTREO : 19/09/2012 por el interesado  
 ANÁLISIS : 20/09/2012

**CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS:**

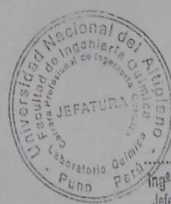
ASPECTO : Líquido  
 COLOR : Incoloro  
 OLOR : Inodoro  
 SABOR : Insípido

**CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS:**

TEMPERATURA : 11,5 ° C  
 TURBIEDAD : 1 NTU  
 pH : 7,1  
 DUREZA TOTAL Como CaCO<sub>3</sub> : 299,96 mg/l  
 ALCALINIDAD Como CaCO<sub>3</sub> : 125,40 mg/l  
 CLORUROS como Cl<sup>-</sup> : 24,69 mg/l  
 SULFATOS como SO<sub>4</sub><sup>-</sup> : 120,00 mg/l  
 NITRATOS como NO<sub>3</sub><sup>-</sup> : Negativo  
 CALCIO como Ca<sup>++</sup> : 68,11 mg/l  
 MAGNESIO como Mg<sup>++</sup> : 55,39 mg/l  
 SÓLIDOS TOTALES : 68,70 mg/l

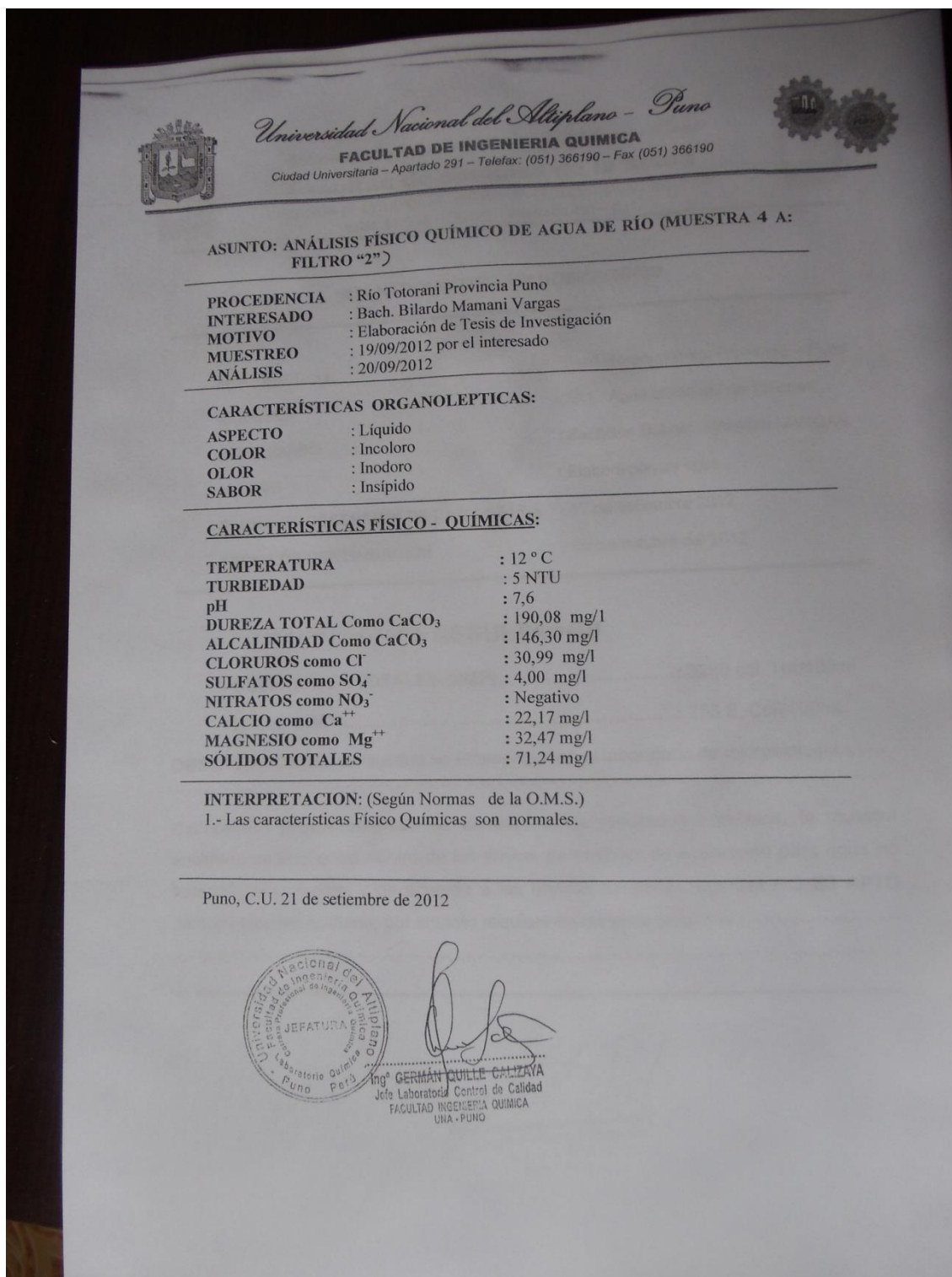
**INTERPRETACION:** (Según Normas de la O.M.S.)  
 1.- Las características Físico Químicas son normales.

Puno, C.U. 21 de setiembre de 2012




Ing. GERMAN QUILLE CALZAYA  
 Jefe Laboratorio Control de Calidad  
 FACULTAD INGENIERIA QUIMICA  
 UNA - PUNO






ANALISIS MICROBIOLÓGICO



*Universidad Nacional del Altiplano - Puno*  
**Facultad de ciencias de la salud**  
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE LA CARRERA PROFESIONAL DE MEDICINA  
 Teléf. 352912 – 352021 – apartado 291 – C.U.



---

**ASUNTO: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

---

PROCEDENCIA	: Rio Totorani distrito, Provincia – Puno
MUESTRA	: N°1. "Agua cruda del rio Totorani".
INTERESADO	: Bachiller. Bilardo, MAMANI VARGAS
MOTIVO	: Elaboración de tesis
FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: 17 de setiembre 2012
FECHA DE CERTIFICACIÓN	: 09 de octubre del 2012

---

**RESULTADOS**

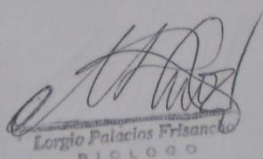
- COLIFORMES TOTALES (NMP).....: 3280 col. Tot/100ml

- E. Coli (NMP).....: 255 E. Coli/100ml


OBSERVACIONES.- la muestra se recepciono en el laboratorio de microbiología.-----

Calificación Microbiológica.- de acuerdo a los resultados obtenidos, la muestra analizada se encuentra dentro de los límites permisibles de aceptación para agua no tratada químicamente, y de acuerdo a las normas sanitarias vigentes **NO ES APTO** para el consumo humano, por lo tanto requiere tratamiento adicional.-----


---



Lorgio Palacios Frisancho  
 D I C L O G O  
 C O P 2125



*Universidad Nacional del Altiplano - Puno*  
**Facultad de ciencias de la salud**  
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE LA CARRERA PROFESIONAL DE MEDICINA  
 Teléf. 352912 – 352021 – apartado 291 – C.U.



---

**ASUNTO: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

---

PROCEDENCIA	: Río Totorani distrito, Provincia – Puno
MUESTRA	: N°2. "Agua de salida para consumo".
INTERESADO	: Bachiller. Bilardo, MAMANI VARGAS
MOTIVO	: Elaboración de tesis
FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: 17 de setiembre 2012
FECHA DE CERTIFICACIÓN	: 09 de octubre del 2012

---

**RESULTADOS**

- COLIFORMES TOTALES (NMP).....: 3200 col. Tot/100ml

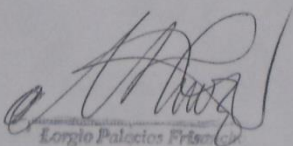
- E. Coli (NMP).....: 240 E. Coli/100ml

OBSERVACIONES.- la muestra se recepciono en el laboratorio de microbiología.....

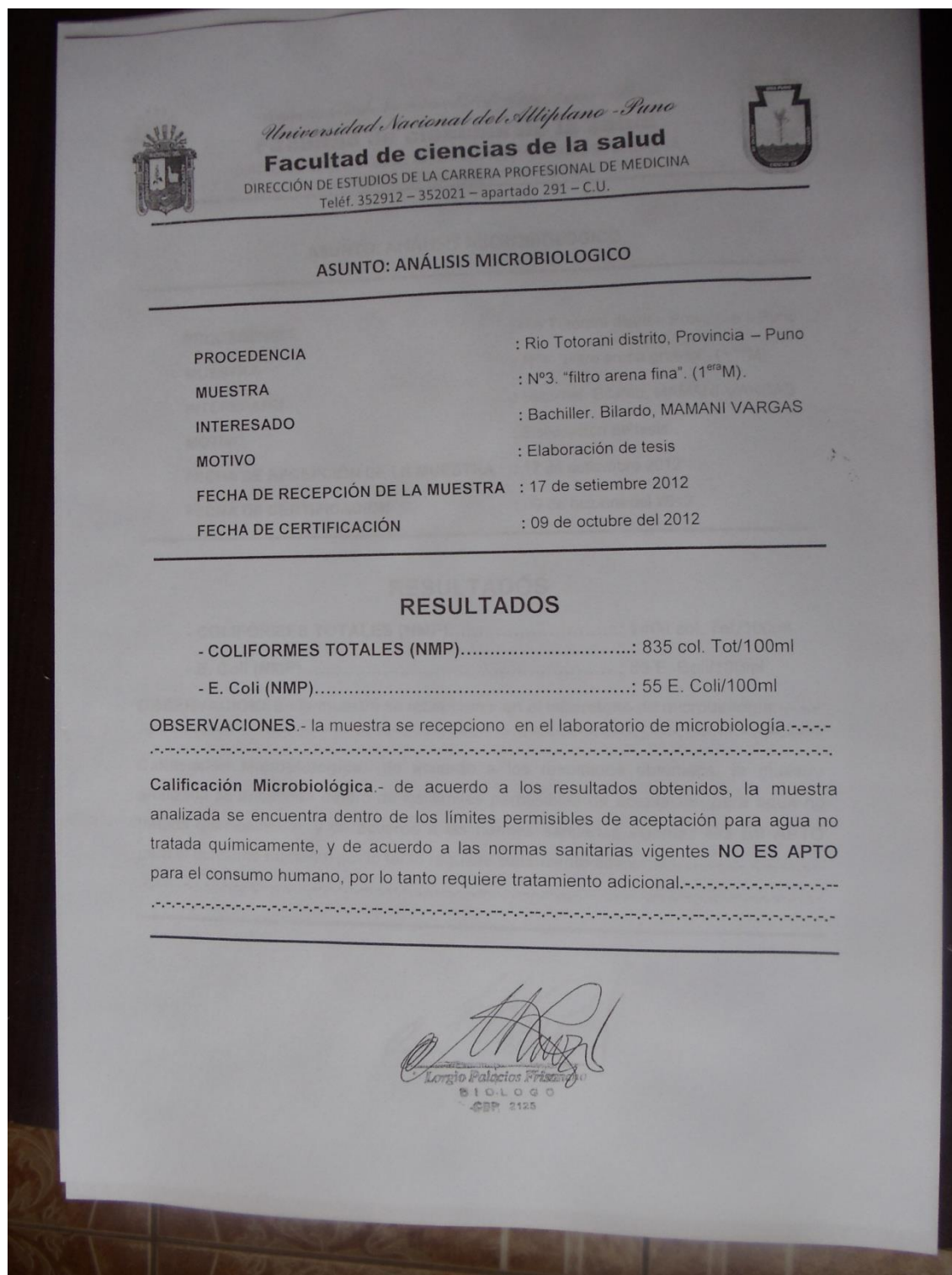
.....

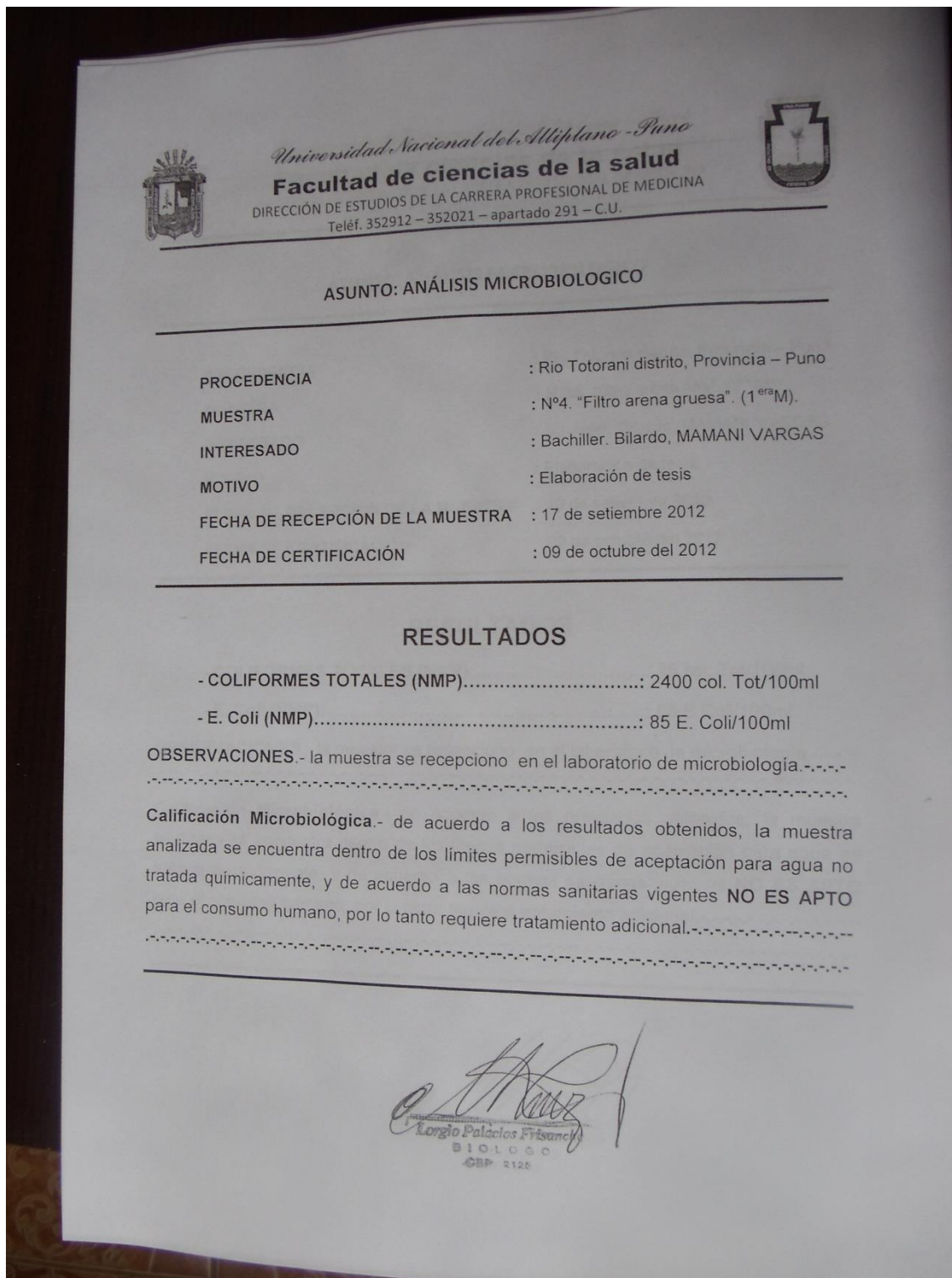
Calificación Microbiológica.- de acuerdo a los resultados obtenidos, la muestra analizada se encuentra dentro de los límites permisibles de aceptación para agua no tratada químicamente, y de acuerdo a las normas sanitarias vigentes **NO ES APTO** para el consumo humano, por lo tanto requiere tratamiento adicional.....


.....




Sergio Palacios Frías  
 BIÓLOGO  
 -OSP 2128







*Universidad Nacional del Altiplano - Puno*  
**Facultad de ciencias de la salud**  
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE LA CARRERA PROFESIONAL DE MEDICINA  
 Teléf. 352912 – 352021 – apartado 291 – C.U.



---

**ASUNTO: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

---

PROCEDENCIA	: Río Totorani distrito, Provincia – Puno
MUESTRA	: N°3A. "filtro arena fina". (2 <sup>da</sup> M).
INTERESADO	: Bachiller. Bilardo, MAMANI VARGAS
MOTIVO	: Elaboración de tesis
FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA	: 19 de setiembre 2012
FECHA DE CERTIFICACIÓN	: 09 de octubre del 2012

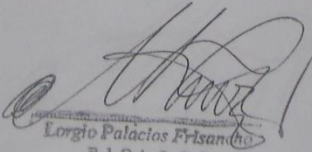
---

**RESULTADOS**

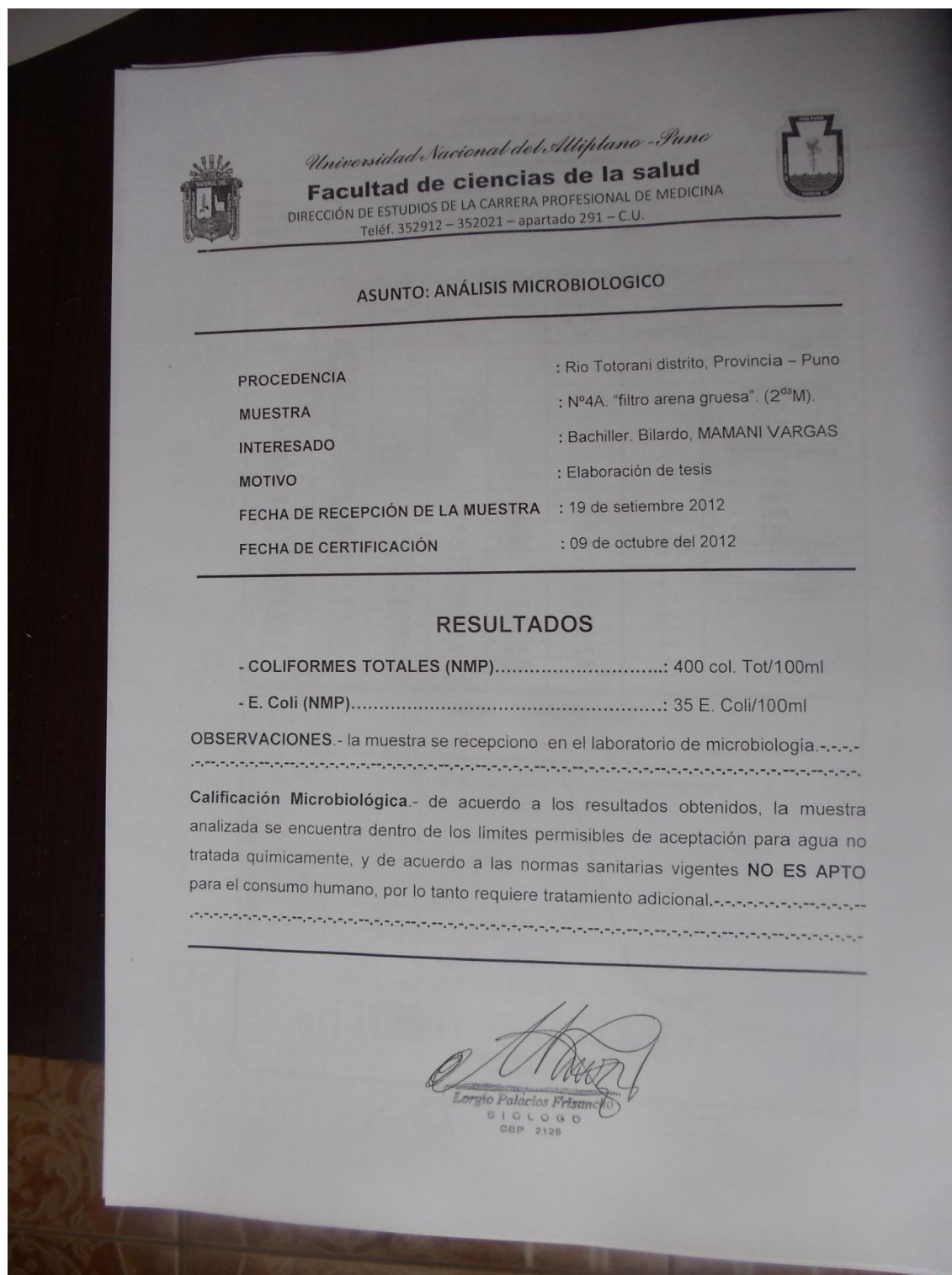
- COLIFORMES TOTALES (NMP).....: 25 col. Tot/100ml  
 - E. Coli (NMP).....: 05 E.Coli/100ml

**OBSERVACIONES.**- la muestra se recepciono en el laboratorio de microbiología.-----  
 -----  
**Calificación Microbiológica.**- de acuerdo a los resultados obtenidos, la muestra analizada se encuentra dentro de los límites permisibles de aceptación para agua no tratada químicamente, y de acuerdo a las normas sanitarias vigentes **NO ES APTO** para el consumo humano, por lo tanto requiere tratamiento adicional.-----  
 -----

---



Lorgio Palacios Frisancho  
 BIÓLOGO  
 GBP 2126



Universidad Nacional del Altiplano - Puno  
**Facultad de ciencias de la salud**  
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE LA CARRERA PROFESIONAL DE MEDICINA  
 Teléf. 352912 – 352021 – apartado 291 – C.U.



ASUNTO: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

PROCEDENCIA : Rio Totorani distrito, Provincia – Puno  
 MUESTRA : N°4A. "filtro arena gruesa". (2<sup>da</sup>M).  
 INTERESADO : Bachiller. Bilardo, MAMANI VARGAS  
 MOTIVO : Elaboración de tesis  
 FECHA DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : 19 de setiembre 2012  
 FECHA DE CERTIFICACIÓN : 09 de octubre del 2012

RESULTADOS

- COLIFORMES TOTALES (NMP).....: 400 col. Tot/100ml  
 - E. Coli (NMP).....: 35 E. Coli/100ml

OBSERVACIONES.- la muestra se recepciono en el laboratorio de microbiología.-----

Calificación Microbiológica.- de acuerdo a los resultados obtenidos, la muestra analizada se encuentra dentro de los límites permisibles de aceptación para agua no tratada químicamente, y de acuerdo a las normas sanitarias vigentes **NO ES APTO** para el consumo humano, por lo tanto requiere tratamiento adicional.-----

*Lorgio Palacios Frías*  
 Lorgio Palacios Frías  
 BIÓLOGO  
 CBP 2125

ANALISIS GRANULOMETRICO

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
SUB GERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECANICO  
Laboratorio de Mecanica de Suelos y Materiales

PROYECTO : Filtros de Agua.  
SOLICITANTE : Bach. Bilardo Mamani Vargas  
ASUNTO : Elaboracion de Tesis de Investigacion.  
MUESTRA : Arena Fina

REALIZADO : Bach. Ing° Leonor Condori A.  
REVISADO : Ing° CARLOS BOHORQUEZ  
FECHA : Octubre del 2012

**ANALISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO- GLOBAL**  
MTC E 107 - ASTM 422 - AASHTO T88

TAMICES		PESO	PORCENTAJE RETENIDO		PORCENTAJE	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM (Pulg)	ABERTURA (mm)	RETENIDO (Gr.)	PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)	QUE PASA (%)	GRADACION B	
3"	76,200						P.L. : 736,50 gr. P.F. : gr.
2 1/2"	63,500						LIMITE CONSISTENCIA
2"	50,800						
1 1/2"	38,100						CARACTERIST. GRANULAR
1"	25,400						
3/4"	19,050						CLASIFICACION SUELOS
1/2"	12,700						
3/8"	9,525						OBSERVACIONES
1/4"	6,350						
No4	4,760						
No8	2,380						
No10	2,000	0,00	0,00	0,00	100,00		
No16	1,190	2,50	0,34	0,34	99,66		
No20	0,840	64,00	8,69	9,03	90,97		
No30	0,590	151,00	20,50	29,53	70,47		
No40	0,420	166,30	22,58	52,11	47,89		
No 50	0,300	158,50	21,52	73,63	26,37		
No60	0,250	59,20	8,04	81,67	18,33		
No80	0,180	63,30	8,59	90,26	9,74		
No100	0,149	15,80	2,15	92,41	7,59		
No200	0,074	22,30	3,03	95,44	4,56		
BASE		33,60	4,56	100,00	0,00		
TOTAL		736,50	100,00				

**CURVA GRANULOMETRICA**

TAMAÑO DEL GRANO EN mm (escala logaritmica)

0,01

Leonor Condori A.  
BACHILLER EN INGENIERIA  
MATERIA: MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

CARLOS BOHORQUEZ  
INGENIERO EN MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES



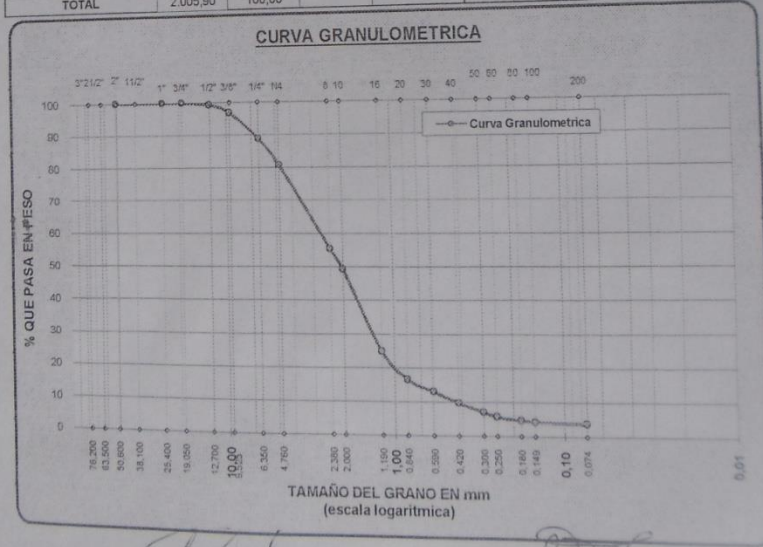
GOBIERNO REGIONAL PUNO  
GERENCIA REGIONAL DE INFRAESTRUCTURA  
SUB GERENCIA DE OBRAS Y EQUIPO MECÁNICO  
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

PROYECTO : "Filtros de Agua."  
SOLICITANTE : Bach. Bilardo Mamani Vargas  
ASUNTO : Elaboración de Tesis de Investigación.  
MUESTRA : Arena gruesa

REALIZADO : Bach. Ing<sup>o</sup> Leonor Condori A.  
REVISADO : Ing<sup>o</sup> Carlos Bohorquez.  
FECHA : Octubre del 2012

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO- GLOBAL  
MTC E 107 - ASTM 422 - AASHTO T88

TAMICES		PESO RETENIDO (Gr.)	PORCENTAJE RETENIDO		PORCENTAJE QUE PASA (%)	ESPECIFICACION GRADACION B	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
ASTM (Pulg)	ABERTURA (mm)		PARCIAL (%)	ACUMULADO (%)			
3"	76,200						P.I. : 2.005,90 gr.
2 1/2"	63,500						P.F. : gr.
2"	50,800						LIMITES CONSISTENCIA
1 1/2"	38,100						LL = 24,19 %
1"	25,400				100,00		LP = 20,24 %
3/4"	19,050	0,00	0,00	0,00	99,31		IP = 3,96 %
1/2"	12,700	13,90	0,69	0,69	96,92		CHARACTERIST. GRANULAR
3/8"	9,525	47,80	2,38	3,08	88,81		D10 = 0,431
1/4"	6,350	162,70	8,11	11,19	80,80		D30 = 1,362
No4	4,760	160,70	8,01	19,20	55,40		D60 = 2,811
No8	2,380	509,50	25,40	44,60	49,13		CU = 6,517
No10	2,000	125,90	6,28	50,87	24,84		CC = 1,530
No16	1,190	487,10	24,28	75,16	16,56		CLASIFICACION SUELOS
No20	0,840	166,10	8,28	83,44	13,06		SUCS SP
No30	0,590	70,20	3,50	86,94	9,78		AASHTO A-1-a(0)
No40	0,420	65,80	3,28	90,22	6,94		OBSERVACIONES
No50	0,300	56,60	2,84	93,06	5,67		
No60	0,250	25,60	1,28	94,33	4,54		
No80	0,180	22,70	1,13	95,46	4,25		
No100	0,149	5,70	0,28	95,75	3,71		
No200	0,074	10,80	0,54	96,29	3,71		
BASE		74,50	3,71	100,00	0,00		
TOTAL		2.005,90	100,00				



*Leonor Condori Apaza*  
ING. MECÁNICA DE SUELOS  
LABORATORIO REGIONAL

*Bilardo Mamani Vargas*  
ING. GEOLÓGICO  
CIP-10577