

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**TESIS**

**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y  
MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA POTABLE DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO AZIRUNI, PUNO 2017**

**PRESENTADO POR:**

**JIMMY ANTONY TURPO CONDORI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2018**

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS**  
**FACULTAD DE INGENIERIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**  
**TESIS**

**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO - QUÍMICOS Y  
MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA POTABLE DE LA PLANTA DE  
TRATAMIENTO AZIRUNI, PUNO – 2017**

**PRESENTADO POR:**

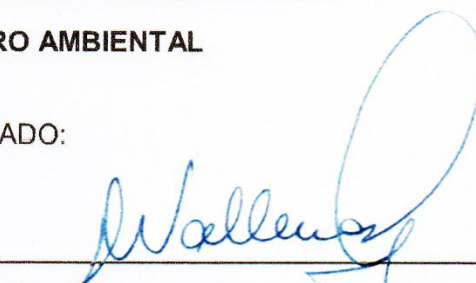
**JIMMY ANTONY TURPO CONDORI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

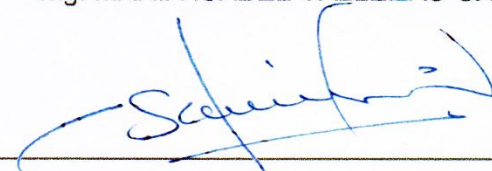
PRESIDENTE



---

Mg. MARÍA ISABEL VALLENAS GAONA

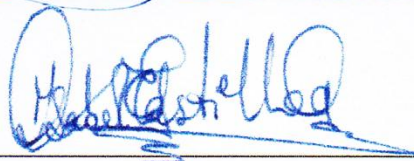
PRIMER MIEMBRO



---

Mg. GERMÁN RAFAEL ESPINOZA RIVAS

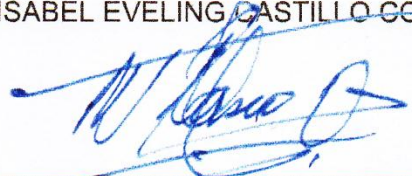
SEGUNDO MIEMBRO



---

Lic. ISABEL EVELING CASTILLO COAQUIRA

ASESOR DE TESIS



---

Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

**Área:** Ciencias Naturales

**Disciplina:** Oceanografía, Hidrología y Recursos del Agua

**Especialidad:** Contaminación y Mitigación de Aguas Superficiales

Puno, 13 de Setiembre de 2018

## DEDICATORIA

A Dios quién supo guiarme por el buen camino, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. A mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor y ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, principios, carácter, empeño, perseverancia, coraje para conseguir mis objetivos. A mis hermanos por estar siempre presentes. A mis sobrinos Gabriela, Emmanuel y Jaziel, quienes han sido y son una motivación, inspiración y felicidad.

Jimmy Antony Turpo Condori

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por haberme dado la vida, por ser mi fortaleza y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias, momentos vividos y objetivos cumplidos.

Agradezco a la Universidad Privada San Carlos por haberme alojado en sus claustros y haberme formado profesionalmente.

Agradecer de manera especial al Ing. Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda por haber aceptado la asesoría de esta tesis bajo su dirección, apoyo, confianza en mi proyecto y su capacidad de guiar mis ideas.

Expresar también mis más sinceros agradecimientos a la Mg. María Vallenas, a la Lic. Isabel Eveling Castillo, a la Ing. Beatriz Humora, al Ing. Germán Espinoza, por su importante aporte y participación activa en el desarrollo de la tesis.

Son muchas personas las que han formado parte de mi vida profesional a las que agradezco su amistad, consejo, apoyo y compañía, por lo que agradezco al Dr. Ernesto Corrales, a la Dra. Yanneth Roxana Velasquez, al Dr. Jonnatan Maza, al Lic. Rolando Quiza, por haber participado directa e indirectamente en la elaboración de esta tesis.

A mis padres, Lic. Simón Turpo y Dra. Clorinda Condori, por ser los principales promotores de mis sueños.

Para todos muchas gracias y que Dios los bendiga.

**Jimmy Antony Turpo Condori**

## INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
INDICE GENERAL.....	iii
INDICE DE TABLAS.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vii
INDICE DE ANEXOS.....	x
INDICE DE ACRÓNIMOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	01

## CAPÍTULO I

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA  
INVESTIGACIÓN**

<b>1.1 Planteamiento del problema.....</b>	<b>03</b>
1.1.1 Problema.....	03
1.1.2 Formulación del Problema.....	04
1.1.3 Justificación.....	05
<b>1.2 Antecedentes.....</b>	<b>06</b>
<b>1.3 Objetivos.....</b>	<b>13</b>
1.3.1 Objetivo General.....	13
1.3.2 Objetivos Específicos.....	13

## CAPÍTULO II

## MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>2.1</b>	<b>Marco Teórico</b> .....	14
	2.1.1 El agua.....	14
	2.1.2 Calidad del agua.....	14
	2.1.3 Agua cruda o en estado natural (Sin tratamiento).....	15
	2.1.4 Agua tratada (Agua potable).....	16
	2.1.5 Parámetros de calidad del agua.....	17
	2.1.6 Fuentes puntuales y no puntuales de contaminación del agua.....	23
	2.1.7 Regulación en Perú.....	24
	2.1.8 Muestra y muestreo del agua.....	26
	2.1.9 Marco legal.....	26
<b>2.2</b>	<b>Marco conceptual</b> .....	29
<b>2.3</b>	<b>Hipótesis</b> .....	31
	2.3.1 Hipótesis General.....	31
	2.3.2 Hipótesis Específicas.....	31

## CAPÍTULO III

## METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

<b>3.1</b>	<b>Zona de estudio</b> .....	32
	3.1.1 Ubicación Geográfica.....	32
	3.1.2 Límites.....	33
<b>3.2</b>	<b>Población y tamaño de muestra</b> .....	34

<b>3.3</b>	<b>Metodología y técnicas</b> .....	38
	3.3.1 Tipo de estudio.....	38
	3.3.2 Diseño de investigación.....	38
	3.3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	38
	3.3.4 Metodología para el análisis de datos.....	39
	3.3.5 Procedimiento de recolección de datos.....	45
	3.3.6 Muestreo, preservación, conservación y envío al laboratorio.	46
<b>3.4</b>	<b>Identificación de variables</b> .....	49
<b>3.5</b>	<b>Diseño estadístico</b> .....	50
<b>3.6</b>	<b>Materiales y equipos</b> .....	50

#### CAPÍTULO IV

##### EXPOSICION Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

<b>4.1</b>	<b>Resultados y Discusión</b> .....	53
<b>4.2</b>	<b>Cumplimiento de las normas de calidad del agua</b> .....	77
	4.2.1 Estándares de Calidad Ambiental.....	77
	4.2.2 Límites máximos Permisibles.....	78
<b>4.3</b>	<b>Análisis de la diferencia entre las variables tomadas en los puntos CI y CA</b> .....	79
	CONCLUSIONES.....	84
	RECOMENDACIONES.....	85
	REFERENCIAS.....	86
	ANEXOS.....	93

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 01: Ubicación de puntos de muestras.....	36
Tabla 02: Toma de muestras en el punto CI.....	36
Tabla 03: Toma de muestras en el punto CA.....	37
Tabla 04: Índice de NMP y límites de aceptación del 95% para distintas combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se emplean 10 porciones de 10 ml.....	45
Tabla 05: Operacionalización de variables.....	49
Tabla 06: Cumplimiento de los ECA – Categoría 4.....	77
Tabla 07: Cumplimiento de los LMP de agua para consumo humano.....	78
Tabla 08: Resultados de la diferencia para cada uno de los parámetros analizados entre las muestras en los puntos CI y CA.....	79



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 01: Límites y ubicación del Distrito de Puno.....	33
Figura 02: Área de influencia de la zona de estudio de investigación.....	34
Figura 03: Valores del pH al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas...	53
Figura 04: Valores de la temperatura del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.....	56
Figura 05: Valores de la turbidez del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.....	58
Figura 06: Valores de la conductividad del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.....	60
Figura 07: Valores de los sólidos totales disueltos del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.....	62
Figura 08: Valores del oxígeno disuelto del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.....	64
Figura 09: Valores de los cloruros del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.....	66

Figura 10: Valores de los sulfatos del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.....	68
Figura 11: Valores de la dureza total del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.....	70
Figura 12: Valores de la alcalinidad del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.....	72
Figura 13: Valores de los coliformes totales del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.....	73
Figura 14: Valores de los coliformes fecales del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.....	75
Figura 15: Planta de bombeo de agua potable.....	125
Figura 16: Mediciones con el Medidor de Oxígeno in situ.....	125
Figura 17: Medición de la turbidez con el turbidímetro in situ.....	126
Figura 18: Análisis del agua con el Multiparámetro, ejecutado por el encargado de laboratorio.....	126
Figura 19: Muestra de agua para análisis microbiológico.....	127
Figura 20: Llenado de la cadena de custodia.....	127
Figura 21: Toma de muestras en domicilio ubicado en Chacarilla Alta.....	128

Figura 22: Esterilización de frascos para muestras microbiológicas.....	128
Figura 23: Muestras tomadas para análisis físico-químico y microbiológico.....	129
Figura 24: Aplicación de la metodología de tubos múltiples para obtención de coliformes totales y coliformes fecales.....	129
Figura 25: Proceso de análisis físico-químico de las muestras de agua.....	130
Figura 26: Viraje después de la aplicación de reactivos en las muestras de agua.....	130

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 01: Matriz de consistencia.....	94
Anexo 02: Análisis estadístico para la muestra de estudio.....	96
Anexo 03: Resultados estadísticos de la diferencia para cada variable.....	98
Anexo 04: Límites Máximos Permisibles de Agua para Consumo Humano.....	104
Anexo 05: Estándares de Calidad Ambiental Categoría 4.....	105
Anexo 06: Cadena de custodia Junio.....	107
Anexo 07: Cadena de custodia Agosto.....	108
Anexo 08: Cadena de custodia Septiembre.....	109
Anexo 09: Resultados de laboratorio Junio.....	110
Anexo 10: Resultados de laboratorio Agosto.....	115
Anexo 11: Resultados de laboratorio Septiembre.....	120
Anexo 12: Registró fotográfico de toma de muestras en Chimu.....	125
Anexo 13: Registró fotográfico de toma de muestras en Chacarilla.....	128
Anexo 14: Registró fotográfico de análisis en el Laboratorio.....	128
Anexo 15: Ubicación del punto de muestra Chacarilla Alta.....	131
Anexo 16: Ubicación del punto de muestra Chimu.....	131
Anexo 17: Área de influencia del proyecto de tesis.....	132

## INDICE DE ACRÓNIMOS

<b>CE</b>	Conductividad Eléctrica.
<b>CA</b>	Punto de muestra Chacarilla Alta.
<b>CI</b>	Punto de muestra Chimu.
<b>ECA</b>	Estándares de calidad Ambiental.
<b>EDTA</b>	Ácido etilendiaminotetraacético.
<b>EMSA</b>	Empresa Municipal de Saneamiento Básico.
<b>ICA</b>	Índice de Calidad del agua.
<b>IDEAM</b>	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
<b>LCCA</b>	Laboratorio de Control de Calidad del Agua.
<b>LMP</b>	Límites Máximos Permisibles.
<b>MINSA</b>	Ministerio de Salud.
<b>NMP</b>	Número más Probable.
<b>NTU</b>	Unidades Nefelométricas de Turbidez.
<b>OD</b>	Oxígeno Disuelto.
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud.
<b>OPS</b>	Organización Panamericana de la Salud.
<b>PEBLT</b>	Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca.
<b>pH</b>	Potencial Hidrógeno.
<b>PMO</b>	Plan Maestro Optimizado.
<b>ppm</b>	Partes por millón.
<b>PTAP</b>	Planta de Tratamiento de Agua Potable.
<b>PTAR</b>	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
<b>SiO<sub>2</sub></b>	Sílice.
<b>STD</b>	Sólidos Disueltos Totales.
<b>SO<sub>4</sub></b>	Sulfato.

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es evaluar los parámetros físico-químicos y microbiológicos de las aguas crudas del sector Chimú y las suministradas por la Planta de Tratamiento de Agua Potable Aziruni a los inmuebles de la ciudad de Puno, en función de los Estándares de calidad Ambiental - Categoría 4 y los Límites Máximos Permisibles para agua de consumo humano y posteriormente establecer la diferencia entre los dos puntos de muestras. La metodología está basada en un estudio no experimental descriptivo, ejecutado en un periodo de tres meses (junio, agosto y septiembre). Se establecieron dos puntos de muestras: Captación Chimú (CI) a una profundidad del 20% (3.4 m) y Chacarilla Alta (CA) a nivel superficial. Se realizó análisis físico-químicos y microbiológicos in situ y en laboratorio. El diseño estadístico para la varianza entre los puntos de muestras se dio mediante el diseño de bloque completo al azar. Los resultados obtenidos muestran que la conductividad excede los Estándares de Calidad Ambiental Categoría 4 en un promedio de  $396.67 \mu\text{S}/\text{cm}$ , que básicamente expresa un ligero exceso de sales en forma ionizada. Los resultados para los Límites Máximos Permisibles mostraron que el sulfato excede en un promedio de  $78.33 \text{ mgSO}_4/\text{L}$ , valor que va asociado al deterioro moderado del sabor y los *coliformes totales* que excedieron ligeramente en junio el límite en  $0.53 \text{ NMP}/100\text{ml}$ . La varianza entre las muestras de agua Chimú y Chacarilla Alta, no mostraron una diferencia significativa entre sus aguas. Tales resultados de los parámetros físico-químicos y microbiológicos evaluados en el sector Chimú y la PTAP Aziruni, no cumplen con todos los ECA y LMP, confirmando que no cumplen la calidad óptima necesaria para el consumo humano.

**Palabras clave:** Análisis físico-químico y microbiológico, muestra, Estándares de Calidad Ambiental, Límites Máximos Permisibles, diferencia.

## ABSTRACT

The objective of this research is to evaluate the physical-chemical and microbiological parameters of the raw waters of the Chimu sector and those supplied by Aziruni Potable Water Treatment Plant to the buildings of the Puno city, according to the Quality Standards Environmental - Category 4 and the Maximum Permissible Limits for water human consumption and later establish the difference between the two points of samples. The methodology is based on a non-experimental descriptive study, executed over a period of three months (June, August and September). Two sampling points were established: Chimu Capture (CI) at a depth of 20% (3.4 m) and Chacarilla Alta (CA) at surface level. Physical-chemical and microbiological analyzes were performed in situ and laboratory. The statistical design for the variance between the sample points was given by randomized complete block design. The results obtained show that the conductivity exceeds the Environmental Quality Standards Category 4 at an average of 396.67  $\mu\text{S} / \text{cm}$ , which basically expresses a slight excess of salts in ionized form. The results for the Maximum Permissible Limits showed that the sulphate exceeds an average of 78.33  $\text{mgSO}_4 / \text{L}$ , a value that is associated with moderate deterioration of flavor and total coliforms that exceeded slightly in June the limit of 0.53 NMP / 100ml. The variance between the Chimu and Chacarilla Alta water samples did not show a significant difference between their waters. Such results of the physical-chemical and microbiological parameters evaluated in the Chimu sector and the PTAP Aziruni do not comply with all the EQSs and MPL, confirming that they do not meet the optimum quality necessary for human consumption.

**Keywords:** Physical-chemical and microbiological analysis, monitoring, Environmental Quality Standards, Maximum Permissible Limits, difference.

## INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso esencial para la vida y el desarrollo del medio ambiente y como tal merece ser cuidada y valorada. En la tierra el total del recurso hídrico es de 1386 millones de kilómetros cúbicos donde el agua dulce (2.53%) distribuida en ríos, lagos, glaciares, en la atmósfera y el subsuelo (WWPA, 2003). En América Latina y el Caribe aproximadamente el 20% de agua extraída es para consumo humano, y más del 70% se destina a actividades agropecuarias (Mora, 2003; Jouravlev, 2004). En la ciudad de Puno el lago Titicaca es la principal fuente hídrica de agua dulce que permite la potabilización de su agua para consumo humano. Pese a ello, se ha presentado una problemática diaria en cuanto a la contaminación de sus aguas debido principalmente al colapso de la Laguna de Estabilización “El Espinar” en la ciudad de Puno, desbordando sus aguas directamente a la bahía interior del lago, que en una creciente podría generar el deterioro aun mayor, pudiendo extenderse hasta el punto de captación de agua potable de la ciudad de Puno en Chimu, empeorando las condiciones de vida de los pobladores y deteriorando la calidad ambiental del ecosistema.

En este contexto resulta necesario analizar la calidad del agua que se está bombeando desde la captación Chimu, hasta la Planta de Tratamiento de Agua Potable en Aziruni y su posterior distribución a los reservorios, para luego ser suministrados a la ciudadanía en general. Por ello es de debida importancia analizar la calidad de agua que se está siendo suministrada al poblador y verificar si se están cumpliendo los Límites Máximos permisibles (LMP).

Por tanto el objetivo de la presente investigación es analizar la calidad físico-química y microbiológica del agua cruda en el sector Chimu y las que suministra la Planta de Tratamiento de Agua Potable Aziruni, bajo las normas establecidas por los Estándares



de Calidad Ambiental y los Límites Máximos Permisible, a los pobladores de la ciudad de Puno el 2017, como una medida o precedente para toma de decisiones a fin de brindar un mejor servicio a los usuarios de la empresa EMSA Puno, y conservar el medio ambiente acuático ante una preeminente contaminación que avanza día con día, atentando contra el derecho a toda persona gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; siendo esta un derecho de todos.(Constitución Política del Perú, 1993)

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

##### 1.1.1 Problema

Que los parámetros físico-químicos y microbiológicos son de acuerdo a la evaluación de El Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca – PEBLT, en muestras recogidas al 20% y 80% de altura de la columna de agua en la Bahía Interior de Lago Titicaca de la ciudad de Puno, no aptas para fines de consumo humano puesto que se encuentran fuera del rango establecido por los Estándares de Calidad Ambiental Categoría 4 (PEBLT, 2013), con valores de pH sobrepasan el promedio de 9.0 tanto al 20% y 80% debido a que la bahía contiene concentraciones de material orgánico entre otros factores que hacen que el potencial de hidrogeniones aumenta debido a su descomposición (PEBLT, 2014), existiendo en la bahía descargas de aguas residuales provenientes de la laguna de estabilización El Espinar colapsada y de desagües clandestinos que deterioran su calidad ambiental; tales factores aunado a que no se cuenta con una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la ciudad de Puno, hacen que el avance de la contaminación se extienda pudiendo llegar hasta el punto de captación de agua potable en Chimu la que se encuentra cerca a tal foco de contaminación.

A pesar de que la problemática ambiental aumenta, la empresa EMSA Puno en el año 2015, presentó su Plan Maestro Optimizado (PMO), donde anunció el incremento del 3% de la tarifa del agua por el consumo total previsto desde octubre, la que abre la segunda etapa de una serie de ajustes que se pondrán en marcha hasta el 2018. En base a esta medida, los gremios fueron al paro; El Frente de Organizaciones Populares (FOP), en asamblea, acordó acatar un paro de 24 horas el 25 de noviembre ante las nuevas tarifas. Los dirigentes consideraron que no están en contra de los reajustes pero en el caso de EMSA Puno, no está acorde a la calidad del servicio. (Fernández, 2015)

Debido a una creciente contaminación de la Bahía Interior del Lago Titicaca y un mal servicio por la empresa EMSA Puno, el 19 de Noviembre del 2016, el Gobierno Nacional envió a Puno al viceministro de Construcción y Saneamiento, Gustavo Olivas Aranda, y el sectorista de saneamiento de Pro Inversión, Ernesto Zaldívar Abanto, ambos representantes en reunión con las autoridades de Puno se comprometieron a dar viabilidad a la construcción de las diez Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR), para las provincias Puno, Chucuito, Melgar, El Collao, Azángaro, Moho, Lampa, San Román, Ilave y Yunguyo. Actualmente, se estima que las diez ciudades evacúan alrededor de 700 metros cúbicos por hora de aguas servidas. (La Republica, 2016)

### **1.1.2 Formulación del problema**

#### **Problema General**

¿Los parámetros físico-químicos y microbiológicos de las agua crudas del sector Chimu, así como las suministradas por la Planta de Tratamiento de Agua Potable Aziruni, cumplirán los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4 y los Límites Máximos Permisibles de agua para consumo humano?

### Problemas Específicos

- ✓ ¿Las aguas crudas del sector Chimu, tendrán la aptitud para cumplir los parámetros físico-químicos y microbiológicos de los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4?
- ✓ ¿El tratamiento físico-químico y microbiológico de las aguas aplicado por la Planta de Tratamiento de Agua Potable Aziruni será eficiente para cumplir los Límites Máximos Permisibles de agua para consumo humano?
- ✓ ¿Existirá diferencia entre las aguas del sector Chimu y las suministradas por la Planta de tratamiento de Agua Potable Aziruni en cuanto a los parámetros físico-químicos y microbiológicos?

### 1.1.3 Justificación

Debido al avance de la contaminación de la bahía interior del lago Titicaca y no habiéndose realizado medidas de contención para frenar el desemboque directo de aguas servidas mediante la laguna del Espinar, se hizo notar una preocupación acerca de si la contaminación había llegado al sector Chimu, lugar donde se encuentra la captación de agua potable para la ciudad debido a su cercanía al foco principal de contaminación. Este aspecto, la suba de precios de la tarifa del agua y el mal servicio brindado por EMSA Puno, llevaron a cabo una serie de movilizaciones en contra de la empresa.

Este estudio se da en base a una responsabilidad social y ambiental frente a la creciente contaminación de la bahía interior del lago Titicaca y su cercanía al punto de captación de agua potable, analizará las aguas crudas que están siendo bombeadas del sector Chimu como también el agua suministrada a los hogares en Chacarilla Alta y verificar si el tratamiento que se está empleando en la Planta de

Tratamiento Aziruni cumple parámetros físico-químicos y microbiológicos de agua para consumo humano.

## 1.2 ANTECEDENTES

Marcó *et al.* (2004) en su trabajo: “La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina)”, artículo de Higiene y Sanidad Ambiental, Uruguay, concluyó: “Incluir la turbidez entre las determinaciones mínimas o básicas de mayor frecuencia para el monitoreo de la calidad del agua potable captadas de fuentes superficiales, aún en el caso de pequeñas y medianas ciudades, dada la rapidez de la obtención del resultado y el bajo costo en su determinación”.

Mejía (2005) en su trabajo de investigación titulado “Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras”, realizado en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica, concluye lo siguiente: “Establecer un programa constante de vigilancia de la calidad del líquido en las fuentes de agua de la microcuenca, realizando análisis periódicos de parámetros físicos, químicos y biológicos, es absolutamente indispensable, para gestión integrada del agua de la región”.

Pérez *et al.* (2008) en su estudio “Detección de parásitos intestinales en agua y alimentos de Trujillo, Perú” concluyó lo siguiente: “En los distritos estudiados las aguas superficiales están expuestas a un gran número de factores que posibilitan la

contaminación con enteroparásitos. En el desarrollo de nuestro estudio pudimos comprobar que en el distrito de La Esperanza sólo el 48,8% de la población contaba con agua potable, el 68,2% en El porvenir y el 69% en Buenos Aires, el resto se abastecía de agua de fuentes públicas o camiones cisterna”.

Zhen (2009) en su trabajo de tesis magistral: “Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008” en la Universidad Estatal a Distancia, concluyó que: “La calidad física del agua del sitio 14 de la quebrada Victoria tiene áreas aledañas con suelos erosionados, arcillosos y pendientes mayor a cinco grados, se deterioró en la época de transición seca a lluviosa del 2008, debido al aumento de los parámetros de color (>10 U-Pt-Co) y turbiedad (>25 UNT)”.

Zamora (2009) en su investigación “Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto,(ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre”, concluyó lo siguiente: “En cuanto a la calidad del agua, y según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el agua potable debe reunir las siguientes características: No debe contener sustancias nocivas para la salud, es decir, carecer de contaminantes bioquímicos, químicos, tóxicos y radioactivos. Poseer una proporción determinada tanto de gases, como de sales inorgánicas disueltas. Debe ser incolora o translúcida, inodora y de sabor agradable”.

Terleira (2010) en su estudio científico denominado “Evaluación de la contaminación fecal del agua superficial de la cuenca media del río Shilcayo ubicada entre la bocatoma y el asentamiento humano Villa Autónoma” realizado en la Universidad

Nacional de San Martín, Tarapoto, concluye lo siguiente: “Los estudios de *coliformes* son importantes en los estudios de calidad de agua, pues su presencia es un indicador específico de contaminación fecal. El plan de muestra debe aplicarse a fin de controlar la variación de la contaminación fecal a lo largo del tiempo del agua”.

Vilca (2011) en su trabajo de tesis: “Calidad bacteriológica y físico química del agua de consumo humano en la localidad de Vilque”, en la Universidad Nacional del Altiplano, investigó la calidad bacteriológica fisicoquímica del agua de consumo humano en la localidad de Vilque; reportó: “para la fuente del manantial, pH 6.81, conductividad eléctrica 185  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , temperatura 15.14°C, sólidos disueltos totales 85.93 mg/l, dureza total 187 mg/l, cloruros 8.22 mg/l. reportó también para las piletas domiciliarias, pH 6.3, la conductividad eléctrica 171.67  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , temperatura 14.96°C, sólidos disueltos totales 73.7 mg/l, dureza total 176.64 mg/l, cloruros 6.81 mg/l”.

Ojeda (2012) en su trabajo de tesis: “Caracterización fisicoquímica y parámetros de calidad del agua de la planta de tratamientos de agua potable de Barrancabermeja”, en la Universidad industrial de Santander, Colombia, concluyó que: “Seguir implementando constantemente la prueba de jarras, esto con el fin de determinar la concentración óptima de coagulante a utilizar y de esta forma realizar un mejor proceso de potabilización de agua, disminuyendo un gran porcentaje en el color, la turbiedad y la concentración de aluminio en el agua que es distribuida a la población”.

Yanapa (2012), en su trabajo de tesis: “Calidad organoléptica, físico – química y bacteriológica del agua potable de la ciudad de Ilave”, en la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, investigó la calidad organoléptica, físico-química y bacteriológica del agua potable de la ciudad de Ilave; en la planta de tratamiento y reservorio; obteniendo “una temperatura de 16.77 °C, pH 7.53, dureza total 79.33 mg/l; cloruros 20.43 mg/l, sulfatos 14.70 mg/l, sólidos disueltos totales 123.37 mg/l”.

Briñez *et al.* (2012) en su trabajo de investigación “Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima”, realizado en la Universidad de Antioquia, Revista Facultad Nacional de Salud Pública, Colombia, concluye que: “Existen diversos factores que influyen en la calidad del agua que consume una población, se consideran importantes: las fuentes de abastecimiento naturales; la infraestructura de redes de almacenamiento y distribución de agua; los aspectos culturales y socioeconómicos que condicionan la aceptación o rechazo a ciertas formas de abastecimiento y potabilización de agua y, por último, factores políticos que afectan la normatividad relativa a la inversión en el desarrollo y mantenimiento de sistemas de abastecimiento de agua potable; por esta razón, la accesibilidad y cobertura de acueducto y alcantarillado, constituyen engranajes indispensables para el mantenimiento de la salud y el bienestar”.

Tacuri y Vintimilla (2012) en su investigación “Control microbiológico y físico – químico del agua potable del sistema de abastecimiento del cantón Santa Isabel”, realizado en la Universidad de Cuenca, Facultad de Ciencias Químicas, Escuela de Bioquímica y Farmacias, Ecuador, recomienda que: “Una Planta de tratamiento de agua, necesita un control constante durante las 24 horas del día, por lo que se recomienda la implementación de más personal operario capacitado, con el fin de lograr una correcta y oportuna dosificación de reactivos, para garantizar una calidad óptima de agua a los usuarios, recomendando también realizar un control de mantenimiento permanente de los floculadores, sedimentadores, tanques de almacenamiento y redes de distribución, con el fin de garantizar las condiciones de potabilización realizadas en planta, hasta la llegada a los inmuebles”.

Pullés (2014) en su investigación “Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en Cuba”, publicado en la Revista CENIC, Cuba, concluyó que: “Los resultados de la presente revisión, reflejan la alternativa de considerar, la aplicación de



un esquema de muestra complementario en Cuba, que incluya como indicadores de contaminación del agua potable además de las bacterias, algunos agentes biológicos no cubiertos en la norma, como los virus y los parásitos. Igualmente, indicar la necesidad de establecer el valor de referencia y definir los microorganismos a emplear, en cada tipo de muestra: validación, operativo o verificación”.

Navarro (2014) en su investigación “Evaluación de la calidad bacteriológica en aguas de pozo en la comunidad de Manacamiri de la Región Loreto”, en la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, dio las recomendaciones siguientes: “Realizar un muestra constante de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en los sistemas de abastecimiento del agua; segundo, revisar la legislación existente para el control microbiológico del agua, ya que el uso de indicadores tradicionales como bacterias del grupo *coliforme* y Bacterias aerobias mesofilas viables no garantiza la ausencia de virus y parásitos y tercero, desarrollar campañas de sensibilización a la población para incrementar el uso de agua, cloración, etc”.

Pastor (2014) en su trabajo “Evaluación de la satisfacción de los servicios de agua y saneamiento urbano en el Perú: De la imposición de la oferta a escuchar a la demanda”, realizado en la Pontificia Universidad Católica del Perú, concluyó lo siguiente: “Incluir Indicadores de Percepción y Satisfacción en la gestión de las EPS, evaluando periódicamente su desempeño. Estandarizar modelos estadísticos de Indicadores de Percepción y de Satisfacción. Utilizar el Indicador Percepción, para diseñar, implementar y controlar políticas nacionales; y el Indicador de Expectativas para el diseño, implementación y control de políticas empresariales”.

La Comisión Multisectorial para la prevención y recuperación Ambiental del Lago Titicaca y sus Afluentes (2014), en su trabajo de investigación titulado “Estado de la calidad Ambiental de la cuenca del Lago Titicaca, Ámbito Peruano”, recomendó lo

siguiente: “Se recomienda fortalecer las acciones de vigilancia y muestra de la calidad del agua en la cuenca del lago Titicaca, a fin de evaluar las alteraciones en su calidad, acción que debe ser de carácter participativo y permanente. Que el PEBLT y el IMARPE prosigan, con los trabajos para efectuar muestras biológicos, ecológicos y limnológicos en el lago Titicaca y sus afluentes, con la finalidad de propender al desarrollo sostenible y armónico de las actividades pesqueras y acuícolas”.

PEBLT (2014) en su trabajo de investigación denominado “Contaminación de la Bahía Interior de Puno”, realizado por la dirección de Estudios del Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca, mostró los siguientes resultados: “La concentración de *Coliformes totales* durante campañas realizadas en los meses de octubre a diciembre en las estaciones de muestreo BI-5 a BI-15, registró desde 2000 hasta 4800 NMP/100ml, superior a los establecido por las ECA - categoría 4 (>2000 NMP/100 ml.). Esto se debe a altas actividades humanas que se desarrollan por los alrededores, vertimientos y a la presencia de los animales cercanos al cuerpo de agua”.

Salazar (2015) en su trabajo de tesis: “Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua, en el sistema de abastecimiento para consumo humano, en la ciudad de Juliaca – 2014” en la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, reportó: “ pH 7.31 – 7.78, dureza total 185 - 310 mg/l; cloruros 0.7 – 1.6 mg/l, sulfatos 65 - 90 mg/l, sólidos disueltos totales 499 - 594 mg/l”.

Beltrán *et al.* (2015) en la nota científica: “Calidad de agua de la bahía interior de Puno, lago Titicaca durante el verano del 2011”, en la revista peruana de biología, concluyó lo siguiente:” La cantidad de oxígeno que el agua puede contener en solución disminuye con el aumento de la temperatura, que es, por supuesto, desventajosa para los organismos debido a que la tasa metabólica, y por lo tanto la demanda de oxígeno aumenta con aumentar la temperatura”.

PEBLT (2017) en su Sistema de información de Recursos Hídricos, "Monitoreo de la calidad del agua en la Bahía Interior de la ciudad de Puno, los meses de Junio y Agosto del 2017", reportaron los siguientes resultados en la toma de muestras en la captación Chimú: "pH entre 8.66 a 8.57, temperatura de 13.7 a 13.29 °C , turbidez de 1.22 a 1.32 NTU, conductividad entre 1445 a 1535  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , sólidos totales disueltos 976 a 982 mg/L, oxígeno disuelto 4.47 a 11.05 mg/L".

Yana (2017) en su trabajo de tesis titulado:"Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en el sistema de agua potable en la ciudad de Azángaro, Puno - 2017", realizado en la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, concluyó lo siguiente: "...que la calidad fisicoquímica es apta para el consumo humano, con excepción a la dureza según la clasificación de la OMS, son muy duras, mientras que calidad microbiológica del sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Azángaro es no apta para el consumo humano".

Martínez (2017) su trabajo de tesis titulado:"Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de consumo humano del distrito de Saman, provincia de Azángaro - Puno", realizado en la Universidad Nacional del Altiplano, Puno, concluyó lo siguiente: "La comparación de calidad fisicoquímica y bacteriológica de agua para consumo humano, muestra diferencia significativa entre en entre la zona de captación y salida de la planta de tratamiento, red de distribución; el tratamiento mejora la calidad del agua para los parámetros fisicoquímicos, que no superan los límites permisibles; así también disminuye los valores de los parámetros bacteriológicos pero no en la manera deseada puesto que la carga bacteriana que presenta hacen que el agua no sea apta para el consumo humano según el Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano DS N° 031-2010- SA".

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo general

Evaluar los parámetros físico-químicos y microbiológicos de las aguas crudas del sector Chimu y las suministradas por la Planta de Tratamiento de Agua Potable Aziruni en función de los Estándares de calidad Ambiental - Categoría 4 y los Límites Máximos Permisibles.

#### 1.3.2 Objetivos específicos

- ✓ Realizar el análisis físico-químicos y microbiológicos de las aguas crudas del sector Chimu en función de los Estándares de Calidad Ambiental – Categoría 4.
- ✓ Realizar el análisis físico-químicos y microbiológicos de agua potable suministrada por la Planta de Tratamiento de Agua Potable Aziruni en comparación con los Límites Máximos Permisibles de agua para consumo humano.
- ✓ Determinar la diferencia entre los parámetros físico-químicos y microbiológicos de las aguas del sector Chimu y la Planta de Tratamiento de Agua potable Aziruni, de acuerdo a los resultados obtenidos.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 2.1 MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1 El Agua

OMS (2006) (a) El agua es esencial para la vida y todas las personas deben disponer de un suministro satisfactorio (suficiente, inocuo y accesible). La mejora del acceso al agua potable puede proporcionar beneficios tangibles para la salud. Debe realizarse el máximo esfuerzo para lograr que la inocuidad del agua de consumo sea la mayor posible.

Sierra (2011) Los cuerpos de agua se pueden caracterizar analizando básicamente tres componentes: su hidrología, sus características fisicoquímicas y la parte biológica. Para llevar a cabo un análisis y evaluación completa de calidad del agua, es necesario monitorear estos tres componentes.

##### 2.1.2 Calidad del Agua

OMS (2006) (a) La calidad del agua se define en función de un conjunto de características variables fisicoquímicas y microbiológicas, así como sus valores de aceptación o rechazo; la calidad fisicoquímica del agua se basa en la determinación

de sustancias químicas específicas que puedan afectar la salud, Rojas (2002) tras cortos o largos periodos de exposición. Eaton *et al.* (2005) Mientras que la microbiológica se basa en la determinación de aquellos microorganismos que pueden afectar directamente al ser humano o que por su presencia puedan señalar la posible existencia de otros, tal y como sucede con los *Coliformes fecales*, *Escherichia coli* y *Salmonella*.

OPS (2003) Aquellas que cumplan con los estándares pre establecidos para el conjunto de parámetros indicadores considerados serán aptas para la finalidad a la que se las destina. El agua para consumo humano (ACH) es aquella utilizada para la ingesta, preparación de alimentos, higiene personal y otros menesteres domésticos.

Custodio y Días (2001) Los parámetros indicadores de contaminación o índices de calidad permiten medir los cambios percibidos en un cuerpo de agua que puede ser afectado por diversos tipos de contaminación o degradación física.

Fawell y Nieuwenhuijsen (2003) Cualquier cambio significativo en la concentración de algún parámetro indicador es sospecha de algún grado de contaminación, ya sea físico, químico o bacteriológico.

### **2.1.3 Agua cruda o en estado natural (sin tratamiento)**

Sierra (2011) El término agua cruda se refiere al agua que se encuentra en el ambiente (lluvia, superficial, subterránea, océanos, etc.), que no ha recibido ningún tratamiento ni modificación en su estado natural. Entendiendo por fuente el recurso hídrico del cual una comunidad se abastece de agua, se puede afirmar que la calidad del agua que se encuentra en forma natural depende de la posición

geográfica, origen (mar, subterránea, superficial) y hábitos de los pobladores. Las fuentes principales de abastecimiento de agua en nuestro medio son las aguas superficiales y las aguas subterráneas.

Las aguas superficiales están constituidas por quebradas, ríos, lagos, embalses, etc. Fenómenos naturales como la erosión arrastran sedimentos que hacen variar la calidad del agua de los ríos, quebradas, etc. otra causa en la variación de la calidad del agua es la actividad humana, actividades como la industria, el uso extensivo de pesticidas y abonos en la agricultura, la explotación minera, la descarga de basuras y el vertimiento de los desechos domésticos son los causantes del deterioro que se encuentran en nuestros ríos, lagos y quebradas.

Sierra (2011) En conclusión, se puede decir que las aguas superficiales presentan condiciones que varían de una cuenca a otra, los ríos tienen características de calidad diferentes a las de los embalses y, además, la calidad del agua de las fuentes superficiales es variable con el tiempo.

#### **2.1.4 Agua tratada (agua potable)**

Sierra (2011) Se entiende por agua tratada aquella a la cual se le han variado o cambiado sus características físicas, químicas y biológicas con el propósito de utilizarla en algún uso benéfico. La calidad del agua tratada depende del uso que se le vaya a asignar o a dar. Por ejemplo, la calidad del agua para consumo humano o la utilizable para riego tienen una calidad diferente a la calidad del agua requerida por un determinado sector industrial.

### 2.1.5 Parámetros de calidad del agua

Sierra (2011) Para saber qué tan pura o qué tan contaminada está el agua es necesario medir ciertos parámetros. Los parámetros de calidad del agua están clasificados en físicos, químicos y microbiológicos.

#### a. Parámetros físicos de la calidad del agua.

##### ✓ Temperatura (T)

Sierra (2011) La temperatura es tal vez el parámetro físico más importante del agua. Además de afectar la viscosidad y la velocidad de las reacciones químicas, intervienen en el diseño de la mayoría de los procesos de tratamiento del agua (coagulación, sedimentación, etc.). En nuestro medio, el agua se entrega a los consumidores con la temperatura que se encuentra en la fuente. Solamente en algunos procesos industriales es necesario entregar el agua a una determinada temperatura. Si se requiere a una temperatura mayor se calienta en las calderas y si se quiere rebajar se utilizan torres de enfriamiento.

##### ✓ Potencial hidrógeno (pH)

Sierra (2011) El pH mide el contenido de ión hidrógeno en un medio acuoso. Es el utilizado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua. Por análisis químicos se sabe que el pH siempre se encuentra en una escala de 0 a 14; si las aguas poseen un valor de pH superior a siete son alcalinas, y si es inferior son ácidas. EL agua de los ríos que no está afectada por la contaminación presenta un pH entre 6.5 y 8.5, dentro del cual los organismos acuáticos capturan y liberan dióxido de carbono durante la fotosíntesis y respiración, respectivamente.



✓ **Sólidos disueltos totales (STD)**

Sierra (2011) Indica la presencia de sales disueltas, partículas en suspensión de carácter orgánico o inorgánico. Con los sólidos se puede establecer relaciones con otros parámetros como la DQO y la DBO, la turbiedad y el color, para que una vez establecidas las relaciones empíricas a través de series de datos, se pueda ahorrar parámetros como la DBO, que normalmente demora 7 días desde la entrega de la muestra hasta el reporte de resultados. La OMS (2006) (a) menciona que el SDT es una medida de cantidad de sólidos después de ser evaporado la fase acuosa a una temperatura superior a 100°C. Se determina por medio de la gravimetría.

✓ **Conductividad eléctrica (CE)**

Sierra (2011) Se mide en  $\mu\text{mhos/cm}$  o  $\mu\text{S/cm}$ . Indica la presencia de sales en forma ionizada, como los cloruros o iones de sodio, carbonatos, etc. Permite establecer relaciones e interpretación de resultados con los sólidos disueltos en las descargas o cuerpos de agua. Es la mejor medida indirecta de la salinidad, ya que por otros métodos se torna engorroso e impreciso. Mediante el establecimiento de relaciones empíricas de la conductividad en soluciones estándar, posibilita resultados más rápidos y funcionales.

✓ **Oxígeno disuelto (OD)**

Sierra (2011) Es una de las pruebas más simples e importantes, para determinar por su concentración la contaminación de corrientes o los cuerpos de agua. Es una de las condiciones más importantes para que exista crecimiento y reproducción de una población normal de peces y otros organismos acuáticos.

IDEAM (2006) El oxígeno es un oxidante que se encuentra en la atmósfera y juega un papel muy importante en las reacciones de oxidación – reducción acuosas, así como también en la respiración microbiana. Un método analítico para su determinación es el yodométrico de Winkler.

✓ **Turbiedad (Turb.)**

Sierra (2011) Se conoce como turbiedad a la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz. La turbiedad es producida por una gran variedad de causas. Entre ellas las más importantes pueden ser:

- La erosión natural de las cuencas la cual aporta sedimentos a los cauces de los ríos.
- La contaminación causada por la industria o por desechos domésticos.

Sierra (2011) La turbiedad se expresa en unidades de turbiedad. Una unidad de turbiedad es una cantidad patrón empírica producida al agregar 1 mg de SiO<sub>2</sub> a 1 litro de agua destilada. El turbidímetro de Jackson es el instrumento de laboratorio con el cual se mide la turbiedad. Cuando la turbiedad se mide con este instrumento, los resultados se dan en NTU.

**b. Parámetros químicos de la calidad del agua**

✓ **Cloruros**

OMS (2006) (b) El cloruro presente en el agua de consumo procede de fuentes naturales, aguas residuales y vertidos industriales, escorrentía urbana con sal de deshielo, e intrusiones salinas. La fuente principal de exposición de las personas al cloruro es la adición de sal a los alimentos y la

ingesta procedente de esta fuente generalmente excede en gran medida a la del agua de consumo. Según la OMS (2006) (b) las concentraciones de cloruro excesivas aumentan la velocidad de corrosión de los metales en los sistemas de distribución, aunque variará en función de la alcalinidad del agua, lo que puede hacer que aumente la concentración de metales en el agua. No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el cloruro en el agua de consumo. No obstante, las concentraciones de cloruro que excedan de unos 250 mg/l pueden conferir al agua un sabor perceptible.

✓ **Sulfatos**

OMS (2006) (b) La presencia de sulfato en el agua de consumo puede generar un sabor apreciable y en niveles muy altos provocar un efecto laxante en consumidores no habituados. El deterioro del sabor varía en función de la naturaleza del catión asociado; se han determinado umbrales gustativos que van de 250 mg/l, para el sulfato de sodio, a 1000 mg/l, para el sulfato de calcio. Por lo general, se considera que el deterioro del sabor es mínimo cuando la concentración es menor que 250 mg/l. No se ha calculado ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para el sulfato.

✓ **Dureza**

OMS (2006) (b) La dureza del agua, derivada de la presencia de calcio y magnesio, generalmente se pone de manifiesto por la precipitación de restos de jabón y la necesidad de utilizar más jabón para conseguir la limpieza deseada. La aceptabilidad por la población del grado de dureza del agua puede variar en gran medida de una comunidad a otra, en función de las condiciones locales. Los consumidores, en particular, notarán probablemente los cambios de la dureza del agua.

OMS. (2006) (b) El valor del umbral gustativo del ión calcio se encuentra entre 100 y 300 mg/l, dependiendo del anión asociado, mientras que el del magnesio es probablemente menor que el del calcio. En algunos casos, los consumidores toleran una dureza del agua mayor que 500 mg/l. El agua con una dureza mayor que aproximadamente 200 mg/l, en función de la interacción de otros factores, como el pH y la alcalinidad, puede provocar la formación de incrustaciones en las instalaciones de tratamiento, el sistema de distribución, y las tuberías y depósitos de los edificios. Otra consecuencia será el consumo excesivo de jabón y la consiguiente formación de restos insolubles de jabón. Las aguas duras, al calentarlas, forman precipitados de carbonato cálcico. Por otra parte, las aguas blandas, con una dureza menor que 100 mg/l, pueden tener una capacidad de amortiguación del pH baja y ser, por tanto, más corrosivas para las tuberías.

✓ **Alcalinidad**

Sierra (2011) La alcalinidad en el agua es entendida como la capacidad que tiene para neutralizar los ácidos. La alcalinidad puede considerarse como la presencia de sustancias básicas en el agua, principalmente, sales de ácidos débiles o bases fuertes (sustancias caracterizadas por el radical OH, por ejemplo la soda cáustica NaOH).

La alcalinidad es importante en la calidad del agua por diferentes razones:

- En altas concentraciones le comunica un sabor desagradable al agua.
- En presencia de iones de Ca o Mg (dureza) forma precipitados que ocasionan problemas de taponamiento y obstaculizan el flujo en las tuberías.

- Tal vez la más importante razón es que la alcalinidad controla el proceso de coagulación en el tratamiento del agua potable, y la digestión anaeróbica en el caso del tratamiento del agua residual.

### c. Parámetros microbiológicos de la calidad del agua.

El agua destinada al consumo humano y uso doméstico debe estar libre de patógenos. La mayor parte de las enfermedades transmitidas a través del agua tiene su origen en la ingestión de agua contaminada por microorganismos de origen fecal y por lo tanto producen cuadros diarreicos en las personas. Los principales indicadores para la evaluación de calidad bacteriológica del agua son las *Coliformes fecales* y la bacteria *E. coli*, ambos provienen de las heces de origen humano o animal.

#### ✓ *Coliformes totales (CT)*

Camacho *et al.* (2009) El grupo *coliforme* es constante, abundante y casi exclusivo de la materia fecal, sin embargo, las características de sobrevivencia y la capacidad para multiplicarse fuera del intestino también se observan en aguas potables, por lo que el grupo *coliforme* se utiliza como indicador de contaminación fecal en agua; conforme mayor sea el número de *coliformes* en agua, mayor será la probabilidad de estar frente a una contaminación reciente.

El grupo de bacterias *coliformes totales* comprende todos los bacilos Gramnegativos aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, que fermentan la lactosa con producción de gas en un lapso máximo de 48 h. a  $35^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

✓ **Coliformes fecales (CF)**

Eaton *et al.* (2005) Los *Coliformes fecales* son un subgrupo de bacterias entéricas, que fermentan la lactosa a altas temperaturas de incubación (45°C), por lo que también se les conoce como *Coliformes termotolerantes*. Este grupo consiste principalmente de bacterias como *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Citrobacter freundii* y *Enterobacter sp.*

Arcos (2005) Los *coliformes fecales* (termotolerantes) tienen la capacidad de reproducirse fuera del intestino de los animales homeotérmicos, favorecida por la existencia de condiciones adecuadas de materia orgánica, pH, humedad, etc. Algunos géneros pueden reproducirse en las biopelículas que se forman en las tuberías de distribución de agua potable.

### 2.1.6 Fuentes puntuales y no puntuales de contaminación del agua

Todo cambio en la calidad del agua natural implica contaminación. Está en el medio acuático significa la introducción por parte del hombre, ya sea de manera directa o indirecta, de sustancias o energía (calor) que producen efectos nocivos, entre ellos, daños a los recursos vivos, riesgos para la salud humana y deterioro de la calidad del agua en relación con los usos destinados.

Sierra (2011) El material orgánico que entra o sale del sistema del cuerpo de agua en forma de cargas contaminantes puntuales o no puntuales consume oxígeno. Las cargas puntuales son fáciles de evaluar tanto en cantidad como en calidad, mas no así las cargas distribuidas o no puntuales. La fuente puntual significa todo medio de

transporte perceptible, delimitado y discreto, desde el cual se descarguen o puedan descargar contaminantes.

Foster *et al.* (2003) Por el contrario, la fuente no puntual es el resultado de un amplio grupo de actividades humanas en las que los contaminantes no tienen un punto claro de ingreso en los cursos de agua que lo reciben. Los contaminantes cualquiera que sea la fuente, se desplazan por la superficie terrestre o penetran en el suelo, arrastrados por el agua de lluvia.

### **2.1.7 Regulaciones en Perú**

El acceso al agua potable es una necesidad primaria y por lo tanto un derecho humano fundamental, en este contexto era necesario actualizar el Reglamento de los requisitos Oficiales Físicos, Químicos y Bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables, que por su antigüedad (1946), se hacía inaplicable; es entonces que en el año 2000, la Dirección General de Salud Ambiental, asume la tarea de elaborar el “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano”, tarea que el 26 de septiembre del 2010, a través del D.S. N° 031-2010-SA, se vio felizmente culminada.

MINSA (2011) Este nuevo Reglamento, a través de sus 10 títulos, 81 artículos, 12 disposiciones complementarias, transitorias y finales y 5 anexos; no sólo establece límites máximos permisibles, en lo que a parámetros microbiológicos, parasitológicos, organolépticos, químicos orgánicos e inorgánicos y parámetros radiactivos, se refiere; sino también le asigna nuevas y mayores responsabilidades a los Gobiernos Regionales, respecto a la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo humano; además de fortalecer a la DIGESA, en el posicionamiento como Autoridad Sanitaria frente a estos temas.

✓ **Límites Máximos Permisibles.**

El Límite Máximo Permissible (LMP) es la medida de la concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que caracterizan a un efluente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daños a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Su determinación corresponde al Ministerio del Ambiente y los organismos que conforman el Sistema Nacional de Gestión Ambiental. Los criterios para la determinación de la supervisión y sanción son establecidos por dicho Ministerio. El LMP guarda coherencia entre el nivel de protección ambiental establecido para una fuente determinada y los niveles generales que se establecen en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA).

✓ **Estándares de Calidad Ambiental.**

El Estándar de Calidad Ambiental (ECA) es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos.

Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por el MINAM, fijan los valores máximos permitidos de contaminantes en el ambiente. Para controlar las emisiones de agentes contaminantes del agua se emitió el D.S. 004-2017-MINAM Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.



### 2.1.8 Muestra y muestreo del agua

Sierra (2011) La muestra de la calidad del agua es la recolección actual de la información en un grupo de sitios y a intervalos regulares con el fin de proveer datos que puedan ser utilizados para definir condiciones recientes y tendencias establecidas, entre otras.

AyA (2007) Cuando se recolecta muestras directamente de un río, quebrada, lago, reservorio o manantial, debe tenerse presente que el objetivo es obtener una muestra representativa del agua a analizar, de manera que no es conveniente recolectar muestras en puntos muy próximos a la orilla, muy distantes al punto de captación, cerca del fondo o donde el agua se encuentre estancada.

### 2.1.9 Marco legal

✓ **Constitución Política del Perú.**

Numeral 22 del artículo 2 concordante con el artículo 7.- Establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida, teniendo derecho a la protección de su salud, la del medio familiar y la de la comunidad, así como del deber de contribuir a su promoción y defensa.

✓ **Ley N° 28611.- Ley General del Ambiente.**

Artículo 67.- Del saneamiento básico.

Las autoridades públicas de nivel nacional, sectorial, regional y local priorizan medidas de saneamiento básico que incluyan la construcción y administración de infraestructura apropiada; la gestión y manejo adecuado del agua potable, las aguas pluviales, las aguas subterráneas, el sistema de alcantarillado

público, el reúso de aguas servidas, la disposición de excretas y los residuos sólidos, en las zonas urbanas y rurales, promoviendo la universalidad, calidad y continuidad de los servicios de saneamiento, así como el establecimiento de tarifas adecuadas y consistentes con el costo de dichos servicios, su administración y mejoramiento.

Artículo 114.- Del agua para consumo humano.

El acceso al agua para consumo humano es un derecho de la población. Corresponde al Estado asegurar la vigilancia y protección de aguas que se utilizan con fines de abastecimiento poblacional, sin perjuicio de las responsabilidades que corresponden a los particulares.

✓ **Ley N° 26842.- Ley General de Salud.**

Artículo 107.- Establece que el abastecimiento de agua para consumo humano queda sujeto a las disposiciones que dicte la Autoridad de Salud competente, la que vigilará su cumplimiento.

✓ **D.S. N° 031-2010-SA.- Reglamento de la Calidad del Agua para consumo Humano.**

Artículo 1.- El presente Reglamento establece las disposiciones generales con relación a la gestión de la calidad del agua para consumo humano, con la finalidad de garantizar su inocuidad, prevenir los factores de riesgos sanitarios, así como proteger y promover la salud y bienestar de la población.

Artículos 6.- Lineamientos de Gestión

1. Prevención de enfermedades transmitidas a través del consumo del agua de dudosa o mala calidad;

2. Aseguramiento de la aplicación de los requisitos sanitarios para garantizar la inocuidad del agua para consumo humano;
  3. Desarrollo de acciones de promoción, educación y capacitación para asegurar que el abastecimiento, la vigilancia y el control de la calidad del agua para consumo, sean eficientes, eficaces y sostenibles;
  4. Calidad del servicio mediante la adopción de métodos y procesos adecuados de tratamiento, distribución y almacenamiento del agua para consumo humano, a fin de garantizar la inocuidad del producto;
  5. Responsabilidad solidaria por parte de los usuarios del recurso hídrico con respecto a la protección de la cuenca, fuente de abastecimiento del agua para consumo humano.
  6. Control de la calidad del agua para consumo humano por parte del proveedor basado en el análisis de peligros y de puntos críticos de control.
  7. Derecho a la información sobre la calidad del agua consumida.
- ✓ **D.S. N° 004-2017-MINAM.- Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua.**

Artículo 1.- La presente norma tiene por objeto compilar las disposiciones aprobadas mediante el Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM, el Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, que aprueban los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, quedando sujetos a lo establecido en el presente Decreto Supremo y el Anexo que forma parte integrante del mismo. Esta compilación normativa modifica y elimina algunos valores, parámetros, categorías y sub categorías de los ECA, y mantiene otros, que fueron aprobados por los referidos decretos supremos.

## 2.2 MARCO CONCEPTUAL

- ✓ **Agua cruda:** Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento.
- ✓ **Agua potable:** Es toda agua inocua para la salud que cumple los requisitos de calidad establecidos para el consumo humano.
- ✓ **Agua tratada:** Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano.
- ✓ **Cadena de Custodia:** Formato donde se registra la información relacionada con la toma de muestra, la que será entregada al laboratorio para su posterior análisis.
- ✓ **Caja Conservadora:** Caja térmica que permite mantener la temperatura de 4°C, para el transporte de la muestra al laboratorio, para su posterior análisis.
- ✓ **Calidad del Agua:** Determinación de la calidad del agua suministrada por el proveedor, de acuerdo a los requisitos físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano.
- ✓ **Calidad físico-química del agua:** Se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud.
- ✓ **Calidad microbiológica del agua:** Se basa en la determinación de aquellos microorganismos que puedan afectar directamente al ser humano.

- ✓ **Consumidor:** Persona que hace uso del agua suministrada por el proveedor para su consumo.
  
- ✓ **Frasco para Muestreo:** Son botellas de vidrio borosilicato o de plástico de boca ancha con tapa rosca, que resisten la esterilización por autoclave a una temperatura de 121 °C por 15 minutos.
  
- ✓ **Inocuidad:** Que no hace daño a la salud humana.
  
- ✓ **Límite máximo permisible:** Son los valores máximos admisibles de los parámetros representativos de la calidad del agua.
  
- ✓ **Muestra:** Seguimiento y verificación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos u otros señalados en el presente Reglamento, y de factores de riesgo en los sistemas de abastecimiento del agua.
  
- ✓ **Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano:** Conjunto de componentes hidráulicos e instalaciones físicas que son accionadas por procesos operativos, administrativos y equipos necesarios desde la captación hasta el suministro del agua.
  
- ✓ **Toma de Muestra:** La toma de muestra es el conjunto de procedimientos destinados a obtener una parte representativa cuantitativamente a partir de un todo.

## 2.3 HIPÓTESIS

### 2.3.1 HIPOTESIS GENERAL

Los parámetros físico-químicos y microbiológicos de las aguas del sector Chimú, así como los suministrados por la Planta de Tratamiento de Agua Potable Aziruni, no son muy apropiados de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental – Categoría 4 y los Límites Máximos Permisibles de agua para consumo humano.

### 2.3.2 HIPOTESIS ESPECIFICAS

- ✓ Las aguas crudas del sector Chimú no tienen la aptitud apropiada para cumplir los parámetros físico-químicos y microbiológicos de los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4.
- ✓ El tratamiento físico-químico y microbiológico de las aguas aplicado por la Planta de Tratamiento de Agua Potable Aziruni, no es muy eficiente para cumplir los Límites Máximos Permisibles de agua para consumo humano.
- ✓ La diferencia entre las aguas del Sector Chimú y las suministradas por la Planta de Tratamiento de Agua Potable en cuanto a los parámetros físico-químicos y microbiológicos analizados no son significativas.

### CAPÍTULO III

#### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

##### 3.1 ZONA DE ESTUDIO

El ámbito de estudio es la zona urbana del Distrito de Puno, Provincia de Puno, Región de Puno, conformado por barrios y urbanizaciones que son atendidas por el servicio de agua potable y el sector Chimu lugar donde se encuentra la captación para la ciudad que brinda EMSAPUNO S.A.

País : República de Perú.

Región : Puno.

Provincia : Puno.

Distrito : Puno.

Localidad : Puno.

##### 3.1.1 Ubicación Geográfica

La ciudad de Puno, capital de distrito, provincia y del departamento de Puno, está ubicado a orillas del lago Titicaca a 3827 m.s.n.m., lago navegable más alto del Mundo. Se encuentra en la región de la sierra a los 15° 50' 26" de latitud sur, 70° 01' 28" de longitud Oeste del meridiano de Greenwich.

Puno como ciudad, es el centro urbano de mayor jerarquía a nivel regional, pues como capital de región representa el centro de decisión política, económica y financiera, además es centro administrativo y de servicios y presenta la principal oferta de servicios turísticos de nivel regional; ocupa una extensión de 460.63 Km<sup>2</sup>, y alberga a una población distrital de 125 663 habitantes al año 2007, donde la población urbana representa el 90.5 % del total de la población provincial.

### 3.1.2 Límites

La ciudad de Puno, tiene una extensión urbana actual 17.4 Km<sup>2</sup>, que representa 0.27% de la superficie provincial (6 492.60 Km<sup>2</sup>), limitando:

- ✓ Norte: Provincia de San Román, Huancané y parte del lago Titicaca.
- ✓ Sur: Provincia de El Collao y Dpto. Moquegua.
- ✓ Este: Provincia de El Collao y el lago Titicaca.
- ✓ Oeste: Dpto. de Moquegua y Provincia de San Román.

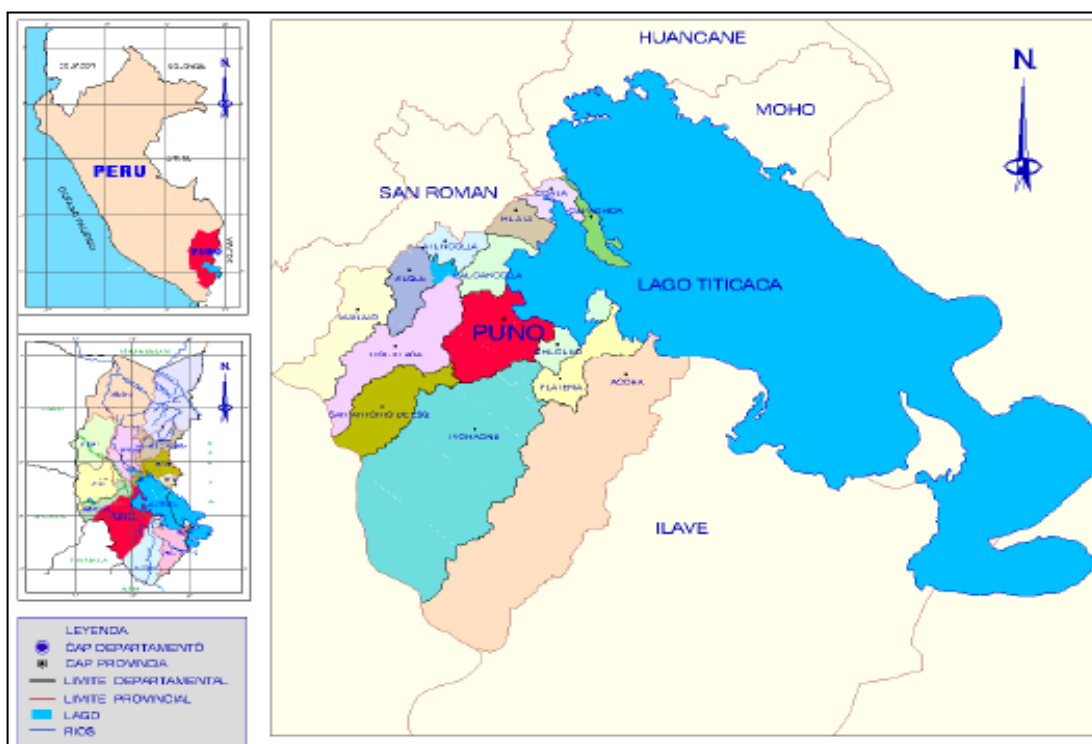


Figura 01: Límites y ubicación del Distrito de Puno.



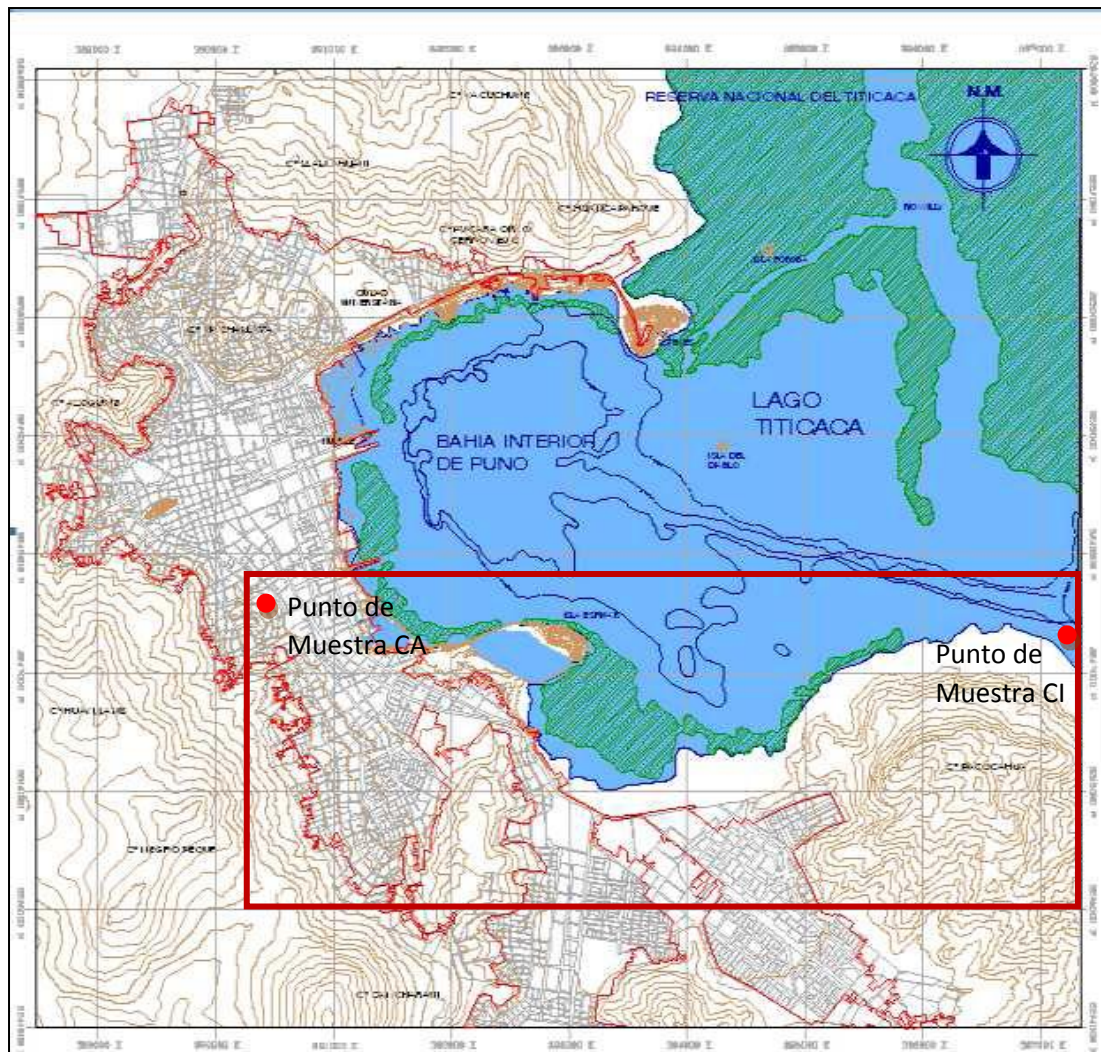


Figura 02: Área de influencia de la zona de estudio de investigación.

### 3.2 POBLACIÓN Y TAMAÑO DE MUESTRA

#### Población

El proyecto de tesis se encuentra ubicado en la ciudad de Puno, distrito de Puno, provincia de Puno, departamento de Puno, Perú. El criterio a tomar para determinar nuestra población es la ruta del abastecimiento de agua potable, abarcando nuestra un perímetro de 15.22 km y un área de 8.54 km<sup>2</sup>, desde la salida de la corriente subterránea del río Willy en el sector Chimu, pasando por el PTAP Aziruni I, extendiéndose hasta el reservorio de Chacarilla Alta en la ciudad de Puno, formándose una triangulación de influencia del estudio.

## Muestra

El tipo de muestras a utilizar será instantáneo e integrado. Instantánea porque la muestra representara las condiciones del agua en el momento en que se recolecta, e integrada por que se tomarán muestras en diferentes puntos (Sierra, 2011). La clase de muestreo será manual, porque tiene como ventaja que al recolectar la muestra podemos tomar nota de cualquier característica especial de la muestra o corregir inmediatamente fallas que se puedan presentar. (Sierra, 2011)

Se realizó el cálculo del tamaño de la muestra mediante la fórmula estadística:

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 PQN}{Z_{\alpha/2}^2 PQ + (N-1)\epsilon^2} \text{ (Bernal, 2006)}$$

Donde:

- n = Tamaño de la muestra.
- Z = Nivel de confianza.
- P = Variabilidad positiva.
- Q = Variabilidad negativa.
- N = Tamaño de la población
- $\epsilon$  = Precisión o Error.

El tamaño de la muestra fue ejecutado con los programas MacStat 3, Epidat 4.2 y Ene 3.0. (Ver Anexo B).

Obteniendo un total de 7 muestras a analizar, pero por criterio técnico se realizaron 6 muestras, por un lapso de tres meses (de junio, agosto y septiembre) con dos tomas de muestra por mes, distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 01: Ubicación de puntos de muestra.

Punto de muestreo	Parámetro	Código	Coordenadas UTM		Altitud	Profundidad de la muestra
			Este	Norte		
Chimu	Físico-químico	CI	397167	8247428	3816	3.4 m.
	Microbiológico	CI				3.4 m.
Chacarilla Alta	Físico-químico	CA	390281	8247605	3892	Superficial
	Microbiológico	CA				Superficial

Las muestras en Chacarilla Alta fueron tomadas en una vivienda abastecida directamente por la PTAP Aziruni, mediante el reservorio Chacarilla Alta, en un domicilio ubicado en Jr. Arica N° 104, con el propósito de no alterar la calidad del agua tratada.

### En la captación Chimu

La toma de muestras llevado a cabo en la captación Chimu se efectuó de forma efectiva, durante los meses de junio, agosto y septiembre del 2017, precisándose los detalles en la Tabla 2.

Tabla 02: Toma de muestras en el punto CI.

Captación Chimu	Código de Laboratorio	Tipo de muestra	Profundidad de la muestra al 20%	Coordenadas UTM	Hora	Observaciones
<b>FECHA</b>						
13/06/17					16:27 Hrs	Tiempo de helada
01/08/17	CI-01	F-Q-B	3.4 m	E 397167 N 8247428	12:57 Hrs	Tiempo de estiaje
06/09/17					10:40 Hrs	Primeras llluvias

Como se puede ver en la tabla, las muestras llevan el mismo código, diferenciándose una de la otra por la fecha en que fue tomada la muestra. En los tres meses se tomaron muestras para los tres tipos de análisis (Físico-químico y microbiológico) a una profundidad del 20% (3.4 m), en la misma coordenada para cada una de las muestras. Un detalle importante está en los horarios a las que se obtuvieron las muestras tomadas en la tarde, a media día y en la mañana, y los tiempos (helada, estiaje y primeras lluvias), para un mejor entendimiento del comportamiento del agua cruda.

### En Chacarilla alta

Estas muestras fueron realizadas consecuentemente después de haberse tomado las muestras en el sector Chimú, para que posteriormente sean llevadas al laboratorio para su análisis.

Tabla 03: Toma de muestras en el punto CA.

Chacarilla Alta	Código de Laboratorio	Tipo de muestra	Profundidad de la muestra	Coordenadas UTM	Hora	Observaciones
<b>FECHA</b>						
13/06/17					17:36 Hrs	Tiempo de helada
01/08/17	CA-02	F-Q-B	Superficial	E 390281 N 8247605	13:47 Hrs	Tiempo de estiaje
06/09/17					11:30 Hrs	Primeras lluvias

### 3.3 METODOLOGÍA Y TÉCNICAS

#### 3.3.1 Tipo de estudio

El tipo de estudio es no experimental, porque no se modificó la realidad, ya que se tomó tal como se muestra y porque no se manipula ninguna de las variables. (Hernández, Fernández y Baptista, 2010)

#### 3.3.2 Diseño de investigación

El diseño de investigación corresponde al DESCRIPTIVO, porque se pretende describir los parámetros físico-químicos y microbiológicos encontrados en las muestras de agua recolectadas.

#### 3.3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

##### a. Técnicas

La técnica utilizada para la recolección de datos fue mediante la toma de muestras, manual e *in situ* de una muestra por punto, para su posterior análisis en el laboratorio de la Universidad Privada San Carlos, de la Facultad de Ingenierías, laboratorio de Ingeniería Ambiental, para los análisis físico-químicos y microbiológicos, en un periodo de 03 meses (Junio, Agosto y Septiembre) del 2017.

##### b. Instrumentos

Los instrumentos a utilizar son los siguientes:

- ✓ “Protocolo de Muestra de la Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales y sus Anexos I, II, III y IV”, aprobado mediante Resolución

Directoral N° 2254/2007/DIGESA/SA de fecha 11 de septiembre de 2007 por la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud teniendo como base legal D.L. 17752 “Ley General de Aguas” que fue derogada el 31 de marzo de 2010.

- ✓ Proyecto de “Protocolo de Muestra de Aguas Superficiales Continentales del Perú” de la Dirección General de Calidad Ambiental del Ministerio del Ambiente, que fue remitido a la Autoridad Nacional del Agua mediante Oficio N° 506-2010-DGCAVMGA/MINAM de fecha 11 de noviembre de 2010.
- ✓ “Guía sobre el control de calidad del agua” de la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento.
- ✓ “Protocolo de Muestra de la Calidad de los Recursos Hídricos” de la Autoridad Nacional del Agua - Dirección de Gestión de Calidad de los Recursos Hídricos.
- ✓ “Reglamento de la calidad del agua para consumo humano” aprobado mediante D.S. N°031-2010-SA.
- ✓ “Estándares de Calidad Ambiental para agua”, aprobado por el D.S. N°004-2017-MINAM.

#### 3.3.4 Metodología para el análisis de datos

Los parámetros físico-químicos a analizar serán el pH, temperatura, turbidez, conductividad, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto, cloruros, sulfatos, dureza total y alcalinidad. Los parámetros microbiológicos a analizar son los *Coliformes totales* y *Coliformes fecales*.

## Análisis físico-químicos

### a. pH

El método utilizado fue mediante celdas electroquímicas, consistente en un electrodo indicador sensible a la concentración de protones,  $[H^+]$ , un electrodo de referencia y la muestra (como electrolito de la celda). El potencial de la celda está relacionado con el pH.

La medición fue in situ, de modo que no se modifique los equilibrios iónicos, que debido al transporte o una permanencia prolongada en recipientes cambia cuando es llevado al laboratorio. El método aplicado in situ fue el método electrométrico. (APHA, WEF y AWWA, 1995)

Método : Electrometría.

Unidades : pH.

Equipo : Multiparámetro.

### b. Temperatura

Este parámetro fue medido mediante el empleo de sensores basados en el cambio de la resistencia de un resistor metálico o de un termistor. La termometría de resistencia se basa, pues, en el cambio en la resistencia de elementos conductores y semiconductores metálicos como una función de la temperatura (APHA, WEF y AWWA, 1995). Este parámetro fue medido in situ.

Método : Termometría.

Unidades : °C.

Equipo : Multiparámetro.

**c. Turbidez**

Se determinó mediante el método Nefelométrico con el turbidímetro para su determinación. Procedimiento realizado una vez obtenida la muestra de agua, colocándose el Turbidímetro, donde se anotó la lectura expresada en unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU). (APHA, WEF y AWWA, 1995)

Método : Nefelométrico.

Unidades : NTU

Equipo : Turbidímetro.

**d. Conductividad**

La conductividad eléctrica se determinó mediante el método electrométrico. La conductividad es el inverso de la resistencia específica, y se expresa en micromho por centímetro ( $\mu\text{mho/cm}$ ), equivalentes a microsiemens por centímetro ( $\mu\text{S/cm}$ ) o milisiemens por centímetro ( $\text{mS/cm}$ ) en el Sistema Internacional de Unidades. (APHA, WEF y AWWA, 1995)

Método : Electrométrico.

Unidad :  $\mu\text{S/cm}$ .

Equipo : Multiparámetro.

**e. Sólidos disueltos totales**

Los sólidos disueltos totales, expresados en  $\text{mg/L}$ , fueron obtenidos por multiplicación de la conductividad con un factor comprendido entre 0,55 y 0,75. Este factor permanece aproximadamente constante, según las proporciones iónicas en el cuerpo de agua y si éstas permanecen estables. (APHA, WEF y AWWA, 1995)

Método : Electrométrico.

Unidad :  $\text{mg/L}$ .

Equipo : Multiparámetro.



**f. Oxígeno disuelto**

El método utilizado fue el electroquímico que es polarográfico o con electrodos específicos. El electrométrico utiliza electrodos de membrana basados en la tasa de difusión del oxígeno molecular a través de una membrana. (APHA, WEF y AWWA, 1995)

Método : Electrometría o volumetría.

Unidades : mg/L.

Equipo : Medidor de oxígeno.

**g. Cloruros**

Existen diversos métodos para determinación de cloruros. El que se ha utilizado para los análisis es el Método Nitrato de Mercurio. (APHA, WEF y AWWA, 1995)

Método : Método Nitrato de Mercurio.

Unidades : mg/L.

**h. Sulfatos**

Según el Standard methods for the examination of water and waste water publicado por la APHA, se determinó la concentración de Sulfatos por turbidimetría en agua. (APHA, WEF y AWWA, 1995)

Método : Turbidimetría.

Unidades : mg/L.

**i. Dureza total**

El método utilizado para el presente estudio es el EDTA que se tenga de un indicador que muestre el momento en el que el EDTA se encuentre en exceso, o en que todos los iones que causan dureza hayan formado complejos. El medio conocido como negro de ericromo T funcionó como un

excelente indicador para mostrar el punto en que los iones que causan la dureza han formado complejos. (APHA, WEF y AWWA, 1995)

Método : Titulométrico con EDTA.

Unidades : mg/L.

Equipo : Multiparámetro.

#### **j. Alcalinidad**

Método Volumétrico.- La alcalinidad se determinará por titulación de la muestra con una solución valorada de un ácido fuerte como el HCl, mediante dos puntos sucesivos de equivalencia, indicados ya sea por medios potenciométricos o por medio del cambio de color utilizando dos indicadores ácido-base adecuados. (APHA, WEF y AWWA, 1995)

Método : Volumétrico.

Unidades : ppm.

Equipo : Multiparámetro.

### **Análisis microbiológico**

#### **a. Coliformes totales y fecales**

En la fase presuntiva el medio de cultivo que se utiliza es el caldo lauril sulfato de sodio el cual permite la recuperación de los microorganismos dañados que se encuentren presentes en la muestra y que sean capaces de utilizar a la lactosa como fuente de carbono, distribuido en una serie de 10 tubos de vidrio con tapa rosca para inóculos de 10 ml. de la muestra. (APHA; WEF; AWWA, 1995.). Durante la fase confirmativa se emplea como medio de cultivo caldo lactosado bilis verde brillante el cual es selectivo y solo permite el desarrollo de aquellos microorganismos capaces de tolerar tanto las sales biliares como el verde brillante.(Camacho *et al.*, 2009)

Luego de inocular la muestra, se incubará en una estufa a 45°C por 24 horas, considerándose como tubos positivos para *Coliformes totales*, aquellos que presenten cambio de coloración de amarillo a verde-azulado. (Camacho *et al.*, 2009)

La determinación del número más probable de microorganismos coliformes fecales se realiza a partir de los tubos positivos de la prueba presuntiva y se fundamenta en la capacidad de las bacterias para fermentar la lactosa y producir gas cuando son incubados a una temperatura de  $44.5 \pm 0.1^\circ\text{C}$  por un periodo de 24 a 48 h. (Camacho *et al.*, 2009)

Por último se realizó la lectura del número más probable en la tabla correspondiente (Tabla 04), para estimar el resultado en valores de *NMP/100 ml. de Coliformes totales* y *NMP/100 ml. de coliformes fecales*.

Método : Tubos Múltiples.

Unidades : NMP/100ml.

Tabla 04: Índices de NMP y límites de aceptación del 95% para distintas combinaciones de resultados positivos y negativos cuando se emplean 10 porciones de 10 ml.

N° de tubos que presentan reacción positiva, a partir de 10 tubos de 10 ml.	Índice NMP/100ml	Límites de confianza en el 95%	
		Inferior	Superior
0	< 1,1	0	3,0
1	1,1	0,03	5,9
2	2,2	0,26	8,1
3	3,6	0,69	10,6
4	5,1	1,3	13,4
5	6,9	2,1	16,8
6	9,2	3,1	21,1
7	12,0	4,3	27,1
8	16,1	5,9	36,8
9	23,0	8,1	59,5
10	>23	13,5	Infinito

Fuente: APHA, WEF y AWWA (1995).

### 3.3.5 Procedimiento de recolección de datos

#### a. Frecuencia de la toma de muestras

La toma de muestras se llevó a cabo en época de estiaje y primeras lluvias, por un periodo de 03 meses (junio, agosto y septiembre del 2017), tomándose una muestra por mes por cada punto de muestra.

#### b. Registro de datos de campo

Este registro contendrá la siguiente información:

- ✓ Se registró el código del punto de muestreo, origen de la fuente, descripción clara y definida del punto de muestreo, hora y fecha de

muestreo, localidad, distrito, provincia y departamento, coordenadas de ubicación del punto de muestreo, datos personales de quien realizó la toma de muestra, las condiciones climáticas y otras observaciones pertinentes en el punto de muestreo.

### **3.3.6 Muestreo, preservación, conservación y envío de muestras al laboratorio**

Para una buena recolecta y manipulación adecuada de las muestras, se siguió las recomendaciones establecidas en el “Protocolo Nacional de la calidad de los Recursos Hídricos – Autoridad Nacional del Agua, 2011”.

#### **a. Trabajos de pre campo**

El trabajo de campo se inició con la preparación del material necesario para la toma de muestra, es por ello que fue necesario verificar con una lista de chequeo (check list) que se tienen todos los implementos para salir al campo.

El trabajo consistió en preparar con anticipación los materiales de laboratorio, plan de trabajo, lista de chequeo, formatos de campo (hoja de campo), equipos portátiles, mapa con los puntos de muestras, movilidad, baterías de equipos, etc. Este trabajo previo tuvo como objetivo cubrir todo los elementos indispensables para llevar a cabo una toma de muestras más efectiva.

#### **b. Trabajo de campo**

Al llegar al punto de muestreo se hizo una observación previa del lugar y continuar con los siguientes pasos:

- ✓ Se tomó lectura de las coordenadas del punto de muestreo e indicar el sistema al cual corresponde.
- ✓ Se preparó los frascos a utilizar de acuerdo con la lista de parámetros a evaluar.
- ✓ Se procedió con el rotulado de los frascos. El transporte de los frascos, se realizó en coolers para evitar su contaminación.
- ✓ Se almacenó las muestras en el recipiente térmico (cooler) de forma vertical y considerando que los frascos de vidrio se encuentre apropiadamente protegidos evitando su rompimiento.
- ✓ Se tomó las lecturas de los parámetros de campo (T, pH, C.E, O.D, TSD, Turbiedad, etc). las mediciones pueden ser realizadas directamente en el cuerpo de agua.
- ✓ Se llenó la cadena de custodia debidamente con la información recogida durante los trabajos realizados.
- ✓ Al finalizar la campaña de toma de muestras las muestras de agua se les transportó hasta el laboratorio debidamente refrigeradas con Ice pack, llevando consigo la cadena de custodia.

### c. Toma de muestras por parámetros

Las muestras de agua fueron recogidas en frascos de plástico y frascos de vidrio, lo cual dependerá del parámetro a analizar. Asimismo el volumen necesario de muestra queda determinado por método analítico empleado por el laboratorio responsable de los análisis.

#### ✓ **Parámetros Físico Químicos - inorgánicos**

Estas muestras fueron tomadas en frascos de plástico y directamente del cuerpo de agua. Antes se realizó el enjuague del frasco con un poco de muestra, agitar y desechar el agua de lavado corriente abajo. Este

procedimiento tuvo por finalidad la eliminación de posibles sustancias existentes en el interior del frasco que pudieran alterar los resultados. La muestra de estos parámetros provino del interior del cuerpo de agua a 3.4 m. de profundidad a partir de la superficie. Estas muestras no requirieron ser llenadas al 100%. En todo momento se evitó tomar la muestra cogiendo el frasco por la boca.

✓ **Parámetros Biológicos y Microbiológicos**

Estos parámetros requirieron de frascos de vidrio previamente esterilizados, para luego ser llevados hasta el lugar de muestreo en las mejores condiciones de higiene. Durante la toma de muestras, el frasco se destapó el menor tiempo posible, evitando el ingreso de sustancias extrañas que pudieran alterar los resultados. También requirió dejar un espacio libre para la homogenización de la muestra, aproximadamente 5% del volumen del frasco, para evitar acelerar la mortandad de bacterias.

La toma de muestra microbiológica se realizó a una profundidad de 3.4 m. en el sector Chimú. Los frascos para las muestras no se sometieron al enjuague, efectuándose la toma de muestra directa.

**d. Conservación y envío de las muestras de agua**

- ✓ Las muestras recolectadas se conservaron en cajas térmicas (Coolers) a temperatura de 4 °C, disponiendo para ello con preservantes de temperatura.
- ✓ Los recipientes de vidrio fueron embalados con cuidado para evitar roturas y derrames.

- ✓ Las muestras recolectadas para análisis físico químicos se entregaron al laboratorio en un tiempo dentro de las 24 horas de realizado el muestreo.
- ✓ En el caso de las muestras para análisis microbiológico se entregó al laboratorio de la Universidad Privada San Carlos el mes de Junio y al laboratorio LAFYN – SUR los mese de Agosto y Setiembre, dentro de las 6 horas después del muestreo y conservadas, refrigerado a 4 °C.
- ✓ Para su ingreso al laboratorio de análisis, las muestras estuvieron acompañadas de la Cadena de Custodia.

### 3.4 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Tabla 05: Operacionalización de variables.

VARIABLE DE ESTUDIO	DIMENSIONES	INDICADORES	UNID. MEDIDA
Agua cruda del sector Chimú	Físico-Químicos	Ph	pH
		Temperatura	°C
		Turbidez	NTU
		Conductividad	uS/cm
		Sólidos Totales Disueltos	Ppm
		Oxígeno Disuelto	Ppm
		Cloruros	mg/L
		Sulfatos	mg/L
		Dureza Total	mg/L
	Alcalinidad	Ppm	
Microbiológicos	<i>Coliformes totales</i>	NMP/100 mL	
	Coliformes fecales	NMP/100 mL	
Agua potable en Chacarilla Alta	Físico-Químicos	pH	pH
		Temperatura	°C
		Turbidez	NTU
		Conductividad	uS/cm
		Sólidos Totales Disueltos	Ppm
		Oxígeno Disuelto	Ppm
		Cloruros	mg/L
		Sulfatos	mg/L
		Dureza Total	mg/L
	Alcalinidad	Ppm	
Microbiológicos	<i>Coliformes totales</i>	NMP/100 MI	
	Coliformes fecales	NMP/100 MI	



### 3.5 DISEÑO ESTADÍSTICO

Para abarcar la tercera hipótesis específica, se estableció la diferencia entre los puntos de muestreo en cada una de las 3 repeticiones, realizando un análisis de la varianza en un diseño de bloque completo al azar, modelo lineal.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + e_{ij}$$

Donde:

$i$  : Puntos de muestreo ( $i=1,2$ ).

$j$  : Repeticiones expresado en meses ( $j=1,2,3$ ).

$Y_{ij}$  : Variable de medición del parámetro.

$\mu$  : Media general.

$\alpha_i$  : Efecto de  $i$ -ésimo punto de muestreo.

$\beta_j$  : Efecto de bloque por mes de muestreo.

$e_{ij}$  : Error experimental (0.05).

En base a la media obtenida para cada parámetro, se halló la diferencia utilizando el programa Minitab 17, obteniendo también la Desviación Estándar y el Coeficiente de variación para una mejor interpretación.

### 3.6 MATERIALES Y EQUIPOS

Para llevar a cabo una toma de muestras efectiva, se preparó con anticipación los materiales de trabajo, soluciones estándar de pH y conductividad, lista de chequeo, formatos (fichas de registro de campo y cadena de custodia). Asimismo se contó con todos los materiales y equipos de muestreo operativos debidamente calibrados.

**a. Materiales**

- ✓ Material Cartográfico.
- ✓ Tablero.
- ✓ Fichas de registro de campo.
- ✓ Libreta de campo.
- ✓ Etiquetas para identificación de frascos.
- ✓ Cadena de custodia.
- ✓ Cuerda de 20 m.
- ✓ Balde de plástico transparente.
- ✓ Cinta adhesiva.
- ✓ Plumón indeleble.
- ✓ Dos frascos de esterilizado de 1000 ml. (muestreo Microbiológico).
- ✓ Dos frascos de polietileno de 1000 ml. (muestreo físico-químico).
- ✓ Guantes descartables.
- ✓ Cooler grande.
- ✓ Reactivo para preservación de muestras.
- ✓ Gotero.
- ✓ Agua destilada.

**b. Materiales de laboratorio.**

- ✓ Tubos de digestión.
- ✓ Calentador de bloques, a 150° C.
- ✓ Bureta.
- ✓ Pipetas.
- ✓ Dosificador de agua destilada.
- ✓ Agitador magnético para mezclar completamente.
- ✓ Matraces volumétricos de 1000 mL.
- ✓ Matraces volumétricos de 100 mL.

- ✓ Cápsula de porcelana.
- ✓ Soporte con pinzas para bureta.
- ✓ Goteros.
- ✓ Matraces erlenmeyer.
- ✓ Tubos de 22 x 175 mm de 10.0 mL.
- ✓ Tubos de 16 x 150 mm de 10.0 mL.
- ✓ Cajas Petri.
- ✓ Tubos de 13 x 100.

**c. Equipos**

- ✓ GPS.
- ✓ Multiparámetro Hanna.
- ✓ Medidor de Oxígeno Milwaukee.
- ✓ Turbidímetro Adwa.
- ✓ Cámara fotográfica.
- ✓ Brújula.

**CAPÍTULO IV**  
**EXPOSICION Y ANALISIS DE RESULTADOS**

**4.1 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Los resultados reportados en los 2 puntos de toma de muestras in situ y el análisis de laboratorio para cada parámetro evaluado se detallan a continuación:

**a. Potencial de hidrogeniones (pH)**

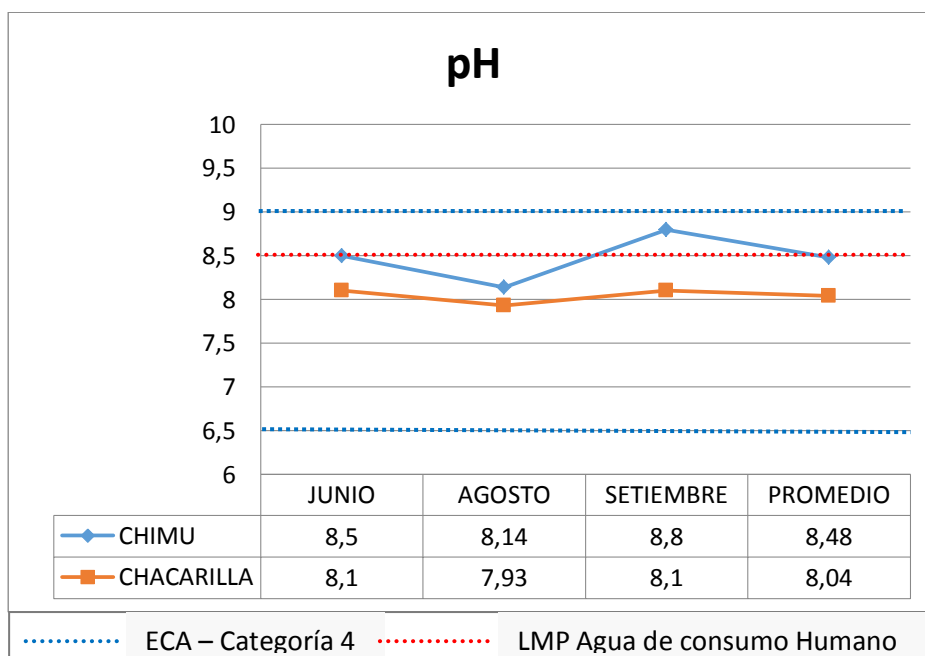


Figura 03: Valores del pH al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.

Los valores obtenidos para el pH, evidencian aguas con tendencia alcalina, identificándose en el mes de septiembre los valores más altos de 8.8 para el punto de muestra Chimu (CI), debido a que el agua cruda donde se encuentra la captación, presenta en sus riberas a el centro poblado de Chimu, la que no cuenta con el servicio de desagüe ni alcantarillado, lo que implica un desemboque aguas residuales domésticas mediante desagües clandestinos y drenes pluviales con carga orgánica desembocar directamente en el lago Titicaca; otro factor importante de mencionar aquí, respecto al valor máximo encontrado, es que la muestra se realizó después de las primeras lluvias en septiembre, lo que por escorrentía arrastró más desechos con carga orgánica al lago, caso contrario a los otros meses que fueron de estiaje. El promedio de los valores en el punto CI es de 8.48, variando entre una máximo de 8.8 y un mínimo de 8.14; y en el punto CA un promedio de 8.04, con valores entre 7.93 y 8.1, manteniendo un estándar constante, lo que denota una reducción mínima en el pH durante todo el tiempo de toma de muestras debido al tratamiento aplicado por la PTAP Aziruni.

Tales resultados guardan relación con los estudios realizados por el Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca (PEBLT, 2017) que reportan valores ligeramente alcalinos en el punto de captación de agua potable en Chimu, de 8.57 y 8.66 en los meses de Junio y Agosto, a una profundidad de 20m, en un tiempo de estiaje, semejante a los resultados de La comisión Multisectorial para la prevención y recuperación ambiental del lago Titicaca y sus afluentes (2014), que obtuvo un valor de 8.45 al 20% y un valor de 8.71 al 80% de profundidad en Chimu el año del 2013, valores que confirman una constante alcalinidad a lo largo del tiempo, siendo notoria un incremento alcalino a medida que se profundiza en la toma de muestra, esto por presencia de una mayor concentración de carga orgánica en el sustrato del lago. Beltrán *et al.* (2015), obtuvo un valor promedio

de 9.43, con una máxima de 9.53 y un mínimo de 9.23, valores que sobrepasan el estándar de calidad ambiental (ECA), debido a que los puntos de monitoreo evaluados abarcan la bahía interior del lago Titicaca y no en la captación Chimu, las que recepción desagües clandestinos y aguas residuales directas de la laguna de oxidación del Espinar, que se encuentra en una condición de colapso. Yana (2017), mostró valores que oscilan entre 7.64 y 7.76 para el agua potable suministrado por la EPS Nor Puno S.A. de Azángaro, resultados más neutros, semejantes a los de Martínez (2017), quien presentó un resultado promedio de 7.29 en el distrito de Samán, Yanapa (2012), con un valor promedio de 7.53 para llave en su planta de tratamiento y Salazar (2015), quién registró valores entre 7.31 y 7.75 para la salida de su planta de tratamiento; valores que son superados en alcalinidad por los obtenidos por la presente investigación para la salida del agua potable de la PATAP Aziruni.

b. Temperatura °C

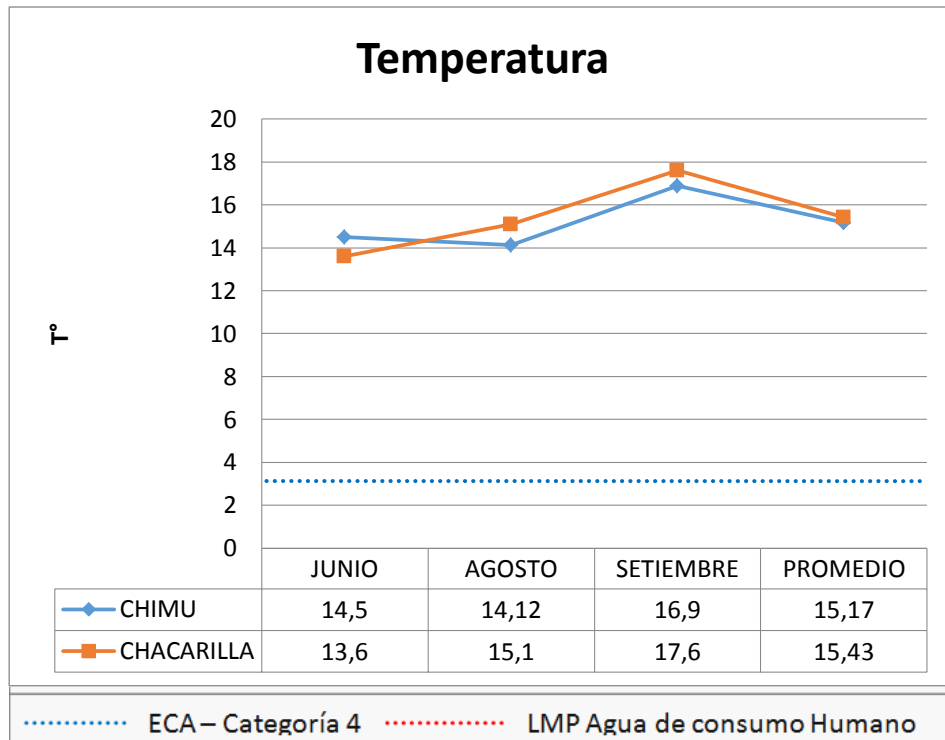


Figura 04: Valores de la temperatura del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.

Los resultados obtenidos para la temperatura en el punto de muestra CA fueron de 17.6 °C como valor más alto en el mes de Septiembre y 13.6 °C en el mes de Junio como el valor más bajo; para el punto de muestra CI, obtuvimos un máximo de 16.9 °C en septiembre y un mínimo de 14.1°C en agosto, tales resultados mantiene una relación estrecha, sin una variación notable entre los puntos CI y CA. El mes de junio reveló datos con temperaturas bajas para el agua, debido a que en la región Puno se atravesaba un tiempo de helada, caso contrario con el mes de Septiembre, donde se produjeron las primeras lluvias y un incremento en la temperatura ambiental en 4 °C entre el valor más alto de 17.6 °C y el valor más bajo de 13.6 °C para todo el tiempo de toma de muestras. El promedio general para cada punto de muestras es de 15.17 °C para CI y 15.43 °C para CA, revelando que en el punto CI la temperatura es más baja por haberse tomado la

muestra a 3.4 m, que representa el 20% de de profundidad del lago en el sector Chimu, que llega a una altura de 20 m. y la toma de muestras en Chacarilla Alta fue a nivel superficial; cabe recordar que en este parámetro a mayor temperatura disminuye el oxígeno disuelto.

Los resultados obtenidos guardan una relación con lo que sostiene el PEBLT (2014), que obtuvo un promedio de 15.15 °C para el punto de captación Chimu, con una máxima de 16.5 °C en diciembre y una mínima de 13.5 °C en septiembre, que en el tiempo indica un incremento en la temperatura en base a la estación climática que atraviesa la región; dichos resultados en el mes de septiembre varían de la presente investigación debido a que se tomaron muestras en diferentes años y una constante variación en los cambios de estación. La comisión Multisectorial para la prevención y recuperación ambiental del lago Titicaca y sus afluentes (2014) presentó resultados en la captación Chimu de 13.87 °C, a una profundidad del 20% y 14.38 °C al 80% de profundidad. Beltrán *et al.* (2015), expuso resultados de diciembre a abril un promedio de 15.68 °C, con la más alta de 16.38 °C en diciembre y la más baja de 15.83 °C en Abril. Yanapa (2012), obtuvo promedios de 14.8 °C en la planta de tratamiento, 16.7° C y 15.7 °C en los reservorios de la ciudad de llave, semejantes a los obtenidos en el presente estudio, pero diferente a los reportados por Martínez (2017), obtuvo resultados para el agua potable en Samán un promedio de 19.0 °C de Febrero a Mayo; al respecto de la variación de la temperatura, Barrenechea (2005), menciona que múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente tanto por el tiempo, como por la zona geográfica donde se encuentra. Ojeda (2012), menciona que la temperatura fluctúa de acuerdo con el clima, obteniendo resultados de unos 23 °C a 28 °C, debidos a que su estudio fue llevado a cabo en la planta de tratamiento de agua potable de Barrancabermeja, Santander, Colombia.



c. Turbidez

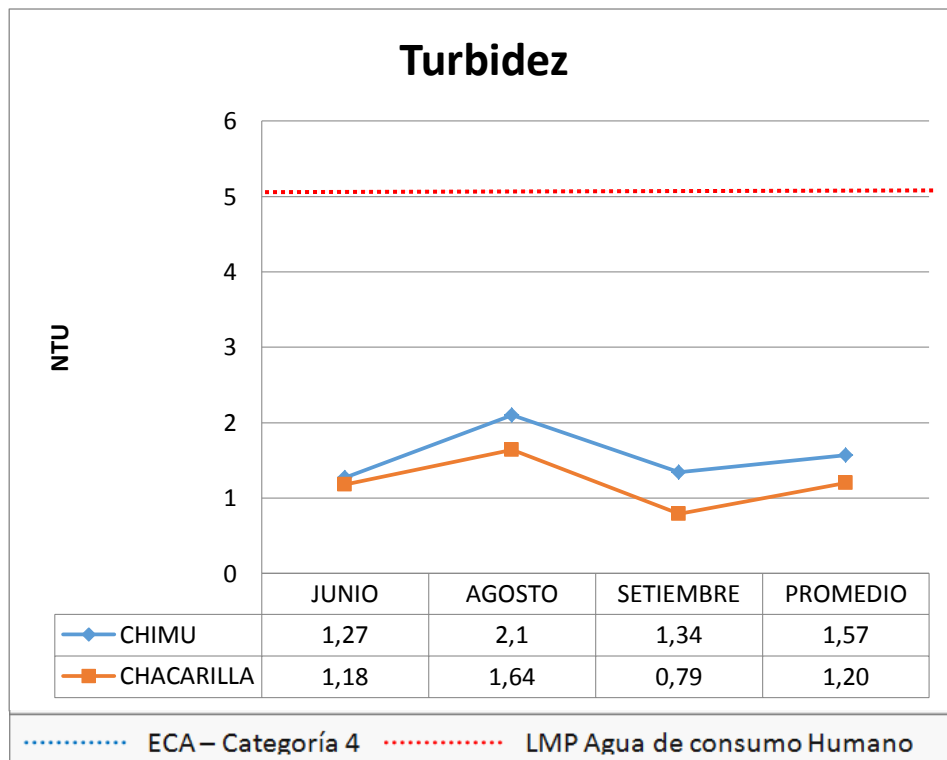


Figura 05: Valores de la turbidez del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.

Los valores de la turbiedad medidos a 3.4 m de profundidad en el punto CI, están en un rango de 1.27 a 2.1 NTU, con una media de 1.57 NTU; no obstante los valores para el punto CA, muestran resultados entre 0.79 a 1.64 NTU, con una media de 1.20 NTU, ubicándose los valores más significativo en el mes de agosto con 2.1 NTU para en punto CI y 1.64 NTU para CA, dicho incremento de la turbidez se debió al tiempo de estiaje, acompañada de vientos que atravesaba la región, la que levanta el material particulado (polvo) de los sembríos ubicados a las riberas de la captación Chimú y se depositan en el lago, que en general presenta un agua muy clara para los dos puntos de toma de muestras CI y CA, manteniendo una relación cuasi paralela a lo largo del periodo de muestreo, de notándose una mejora media, después pasar por el tratamiento suministrado por la PTAP Aziruni en 0.37 NTU.

Los resultados guardan una relación con los estudios realizados por el PEBLT (2017), cuyos resultados para los meses de junio a agosto, en la captación Chimú, fueron de 1.22 a 1.32 NTU, datos que varían en pequeña escala a los tomados por la Comisión Multisectorial para la prevención y recuperación ambiental del lago Titicaca y sus afluentes (2014), quienes reportaron un valor de 2.80 NTU, resultados que guardan relación con los reportados en el mismo año por el PEBLT (2014), muestras tomadas de septiembre a diciembre, con una máxima de 2.7 NTU y una mínima de 1.5 NTU a una profundidad del 20%, lo que describe que el agua cruda en el año 2014 estuvo más turbia y las muestras fueron tomadas en un tiempo de lluvias en la región, que arrastra una mayor cantidad de residuos por escorrentía y mayor agitación de las aguas por las tormentas presentadas en la fecha de muestreo. Zhen (2009), en su toma de muestras en la captación de la quebrada Victoria, en Costa Rica, demostró un aumento de turbidez en época lluviosa con un valor de 7.55 NTU y en época seca 3.00 NTU, con una media de 5.37 NTU. Mejía (2005), obtuvo un promedio de 3 NTU en las aguas suministradas para consumo humano en comunidades de la microcuenca el Limón, Copán; Honduras; resultados diferentes a los obtenidos en el presente estudio debido básicamente a que dicho estudio se dio en situaciones geográficas y años diferentes. Ojeda (2012), en planta de tratamiento de agua potable de Barrancabermeja, Santander, Colombia, mencionó que la turbiedad en el mes de diciembre (2.4 NTU), es por las altas turbiedades de agua cruda a la entrada de la planta, todo ocasionado por la época de lluvia que atravesaba la región entre los meses de septiembre y diciembre. En contraparte, Leandro *et al.* (2004), mencionó que los valores de turbidez de las muestras de agua tomadas a la entrada y a la salida de la planta potabilizadora Concepción, Uruguay, durante el período septiembre de 2001 a marzo de 2002 en relación a las lluvias acaecidas en la zona, no se encontró una correlación lineal entre los parámetros estudiados.

d. Conductividad

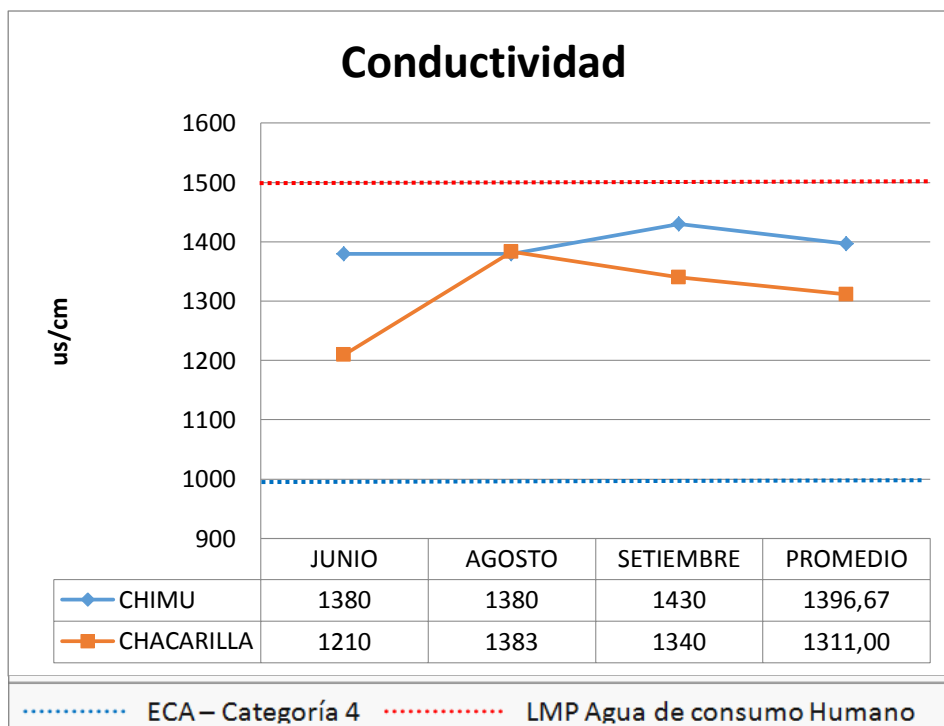


Figura 06: Valores de la conductividad del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.

Los resultados obtenidos para el punto CI nos dan una máxima de 1430 uS/cm en el mes de septiembre y una mínima de 1380 uS/cm en junio, con una media de 1396.67 uS/cm. Los resultados para el punto CA muestran valores que oscila entre 1210 a 1380 uS/cm con una media de 1311.00 uS/cm; tales resultados reflejan una concentración en iones positivos de sodio (Na+), como la salinidad natural del lago y otros iones, que en relación con los resultados obtenidos, en el mes de junio y agosto se registraron valores semejantes en 1380 uS/cm debió al poco movimiento de las aguas crudas por el tiempo de estiaje que atravesaba la región, incrementándose en septiembre por las primeras lluvias, moviéndose los iones asentados en el sustrato del lago. Un factor importante aquí es la variación en las muestra tomadas en el punto CA, en el mes de agosto, donde el valor de 1383 uS/cm sobrepasa a la muestra tomada en CI (1380 uS/cm), lo cual es un

hecho anómalo que pudo haberse atribuido a una manipulación equivocada en la calibración del equipo para el parámetro evaluado. En una perspectiva general se mantiene una relación paralela entre los resultados de los puntos CI y CA.

Estos resultados guardan una relación por lo expuesto por el PEBLT, (2017), que en los meses de junio y agosto obtuvieron valores de 1445 a 1535 uS/cm, valores confinados por La comisión Multisectorial para la prevención y recuperación ambiental del lago Titicaca y sus afluentes (2014), cuyo resultado al 20% de profundidad fue de 1530 uS/cm y al 80% de profundidad 1490 uS/cm. En oposición a tales resultados, se encuentran los emitidos por el PEBLT (2014), con un valor promedio al 20% de 974.5 y al 80% de profundidad de 1165.25 uS/cm, resultados que denotan un incremento a lo largo de los años de iones en el agua cruda en el sector Chimu. Martínez (2017), Presenta resultados de conductividad eléctrica en la PTAP del distrito de Samán ( $686.6 \pm 39.9$  1208  $\mu$ S/cm) valores superiores a los mencionados por Vilca (2011) quien reporta valores promedio conductividad eléctrica 178  $\mu$ S/cm en el reservorio de Vilque y valores aún más superados por la presente investigación en el punto CA por la PTAP Aziruni, pero que guardan relación con Yana (2017), cuyas muestras de agua del sistema de abastecimiento EPS Nor Puno S. A. de Azángaro, presentaron valores de CE que oscilaron entre 997.83 y 1200.56 uS/cm y un promedio de 1074.20 uS/cm.

e. Sólidos Totales Disueltos (ppm)

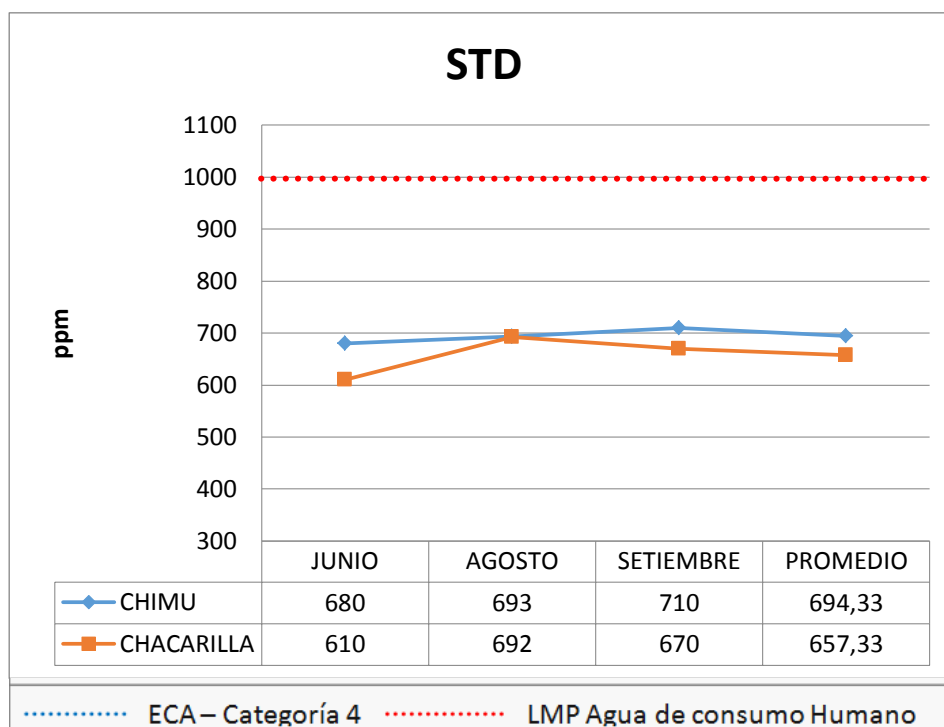


Figura 07: Valores de los sólidos totales disueltos del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.

Los resultados obtenidos para los sólidos totales disueltos (STD), en el punto de muestra CI, muestran un estado creciente en sus valores, encontrándose el mínimo en el mes de junio con 680 ppm, aumentando para agosto con 693 ppm y terminando en septiembre con una máxima de 710 ppm, dicho incremento es atribuido principalmente por el cambio de tiempos que atravesaba la región, de estiaje a primeras lluvias, que por escorrentía arrastraron sales y material húmico con concentraciones despreciables de STD, así como vertimientos de desagües clandestinos que contienen sales inorgánicas, las que desembocan en las aguas crudas del sector Chimú. El promedio de los valores para el punto CI es de 694.33 ppm. Tales resultados guardan una relación con las muestras tomadas en las muestras tomadas en el punto CA en los meses de junio y septiembre con valores que demuestran un tratamiento aplicado por la PTAP Aziruni, con un valor para junio de 610 ppm y para septiembre de 670 ppm, con una media de 657.33 ppm,

encontrándonos con una anomalía en el mes de agosto donde se puede ver que el tratamiento no fue aplicado para este parámetro entrando el agua con un valor de 693 ppm y saliendo con un valor de 692 ppm, con una diferencia de 1 ppm, atribuido a los tratamientos efectuados para otros parámetros o no cabe desestimar también una mala calibración del equipo. En una vista general de los promedios se aprecia la relación del agua cruda y el agua tratada para consumo humano.

Los resultados obtenidos guardan una relación en la captación Chimú con lo que sostiene el PEBLT (2014) cuyos valores presentados de octubre a diciembre van de 700 a 735 ppm a una profundidad del 20% y de 711 a 727 ppm al 80% de profundidad, datos que reportan que en épocas lluviosas se incrementan los SDT para el caso de lagos. A diferencia de los resultados obtenidos por la Comisión Multisectorial para la prevención y recuperación ambiental del lago Titicaca y sus afluentes, (2014), obtuvo un valor al 20% de profundidad es de 882 ppm y al 80% de 754 ppm y el PEBLT (2017), el mes de junio es de 970 ppm y para el agosto de 982 ppm, valores que varían del presente estudio debido al equipo de medición utilizado, que en nuestro caso fue un Multiparámetro Hanna y en el caso del PEBLT, fue un Multiparámetro Horiba. Yanapa (2012), en la PTAP de la ciudad de Ilave, obtuvo promedios de 120.37 ppm y en sus reservorios 123.03 y 132.27 ppm, valores presentados por obtenerse el agua cruda del río Ilave, que por su caudal depuran las concentraciones de STD. Martínez, (2017), obtuvo un resultado de  $329.6 \pm 22.9$  ppm a la salida de la PTAP en la ciudad de Sáman, valores respaldados por Yana (2017), con resultados que oscilaron entre 270.00 y 296.00 mg/L y un promedio de 281.26 mg/L, debido a que sus captaciones para sus plantas de tratamiento de agua potable provienen de ríos a diferencia del presente estudio que el agua cruda es captada de un lago.

f. Oxígeno Disuelto (ppm)

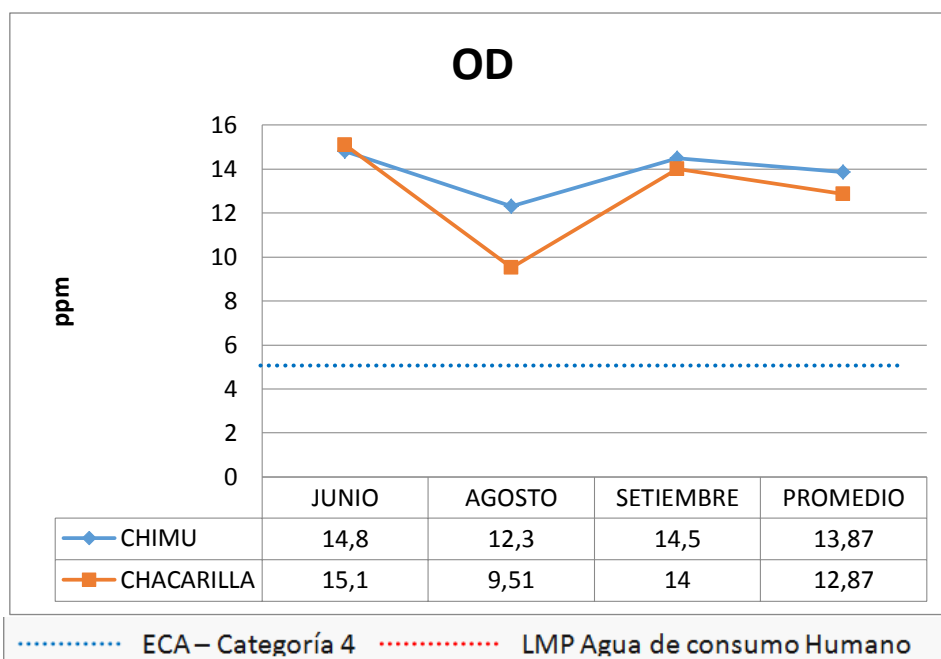


Figura 08: Valores del oxígeno disuelto del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.

Los resultados obtenidos para el punto de muestra CI fueron de 14.8 ppm para el mes de junio, donde se encuentra como valor más alto, dado que en relación a una temperatura baja del agua cruda (14.5 °C), es mayor la concentración de oxígeno; dicha relación temperatura-oxígeno disuelto, se manifiesta en los meses siguientes de toma de muestras, como es el caso de septiembre donde comenzaron las primeras lluvias, con un valor de oxígeno disuelto de 14.5 ppm y una temperatura de 16.9 °C. Debemos tomar en cuenta también el vertimiento de desagües clandestinos y la escorrentía de las primeras lluvias que arrastran sustancias orgánicas e inorgánicas al lago, ocasionando que las bacterias necesiten un mayor consumo de oxígeno para descomponer desechos orgánicos. El punto CA se obtuvo valores entre 9.51 a 15.1 ppm, manteniéndose la relación con el punto CI haciéndose notoria la diferencia promedio en 1.00 ppm, en la reducción de oxígeno disuelto a lo largo del periodo de toma de muestras.

Los resultados obtenidos guardan relación con lo publicado por el PEBLT (2014), quien obtuvo resultados al 80% de profundidad entre 5.6 a 15.0 ppm, en muestras tomadas de septiembre a diciembre, en épocas de lluvias en la región, tales resultados se debieron al arrastre de desechos orgánicos e inorgánicos mediante la escorrentía superficial, los que se depositaron en el sustrato del lago, sector Chimu, y generaron una mayor interacción con el oxígeno disuelto mediante los microorganismos organismos existentes y las algas como la *Eloдея potamogeton* (chinquillachu), *Myriophyllum elatinoides* (huascacho o hinojo llachu) y *Lilaeopsus andina*; el PEBLT (2017), publicó resultados entre 7.47 a 11.05 ppm, para los meses de junio a agosto, en tiempo de estiaje. La comisión Multisectorial para la prevención y recuperación ambiental del lago Titicaca y sus afluentes (2014), presentó un valor mucho más reducido con 5.59 ppm al 20% de profundidad y de 6.43 ppm al 80% de profundidad, parecido a los publicados por Beltrán *et al.* (2015), con una máxima de 8,4 ppm, una mínima de 4.56 ppm y un promedio de 6.62 ppm; dichas diferencias son dadas básicamente a los equipos utilizados.



g. Cloruros

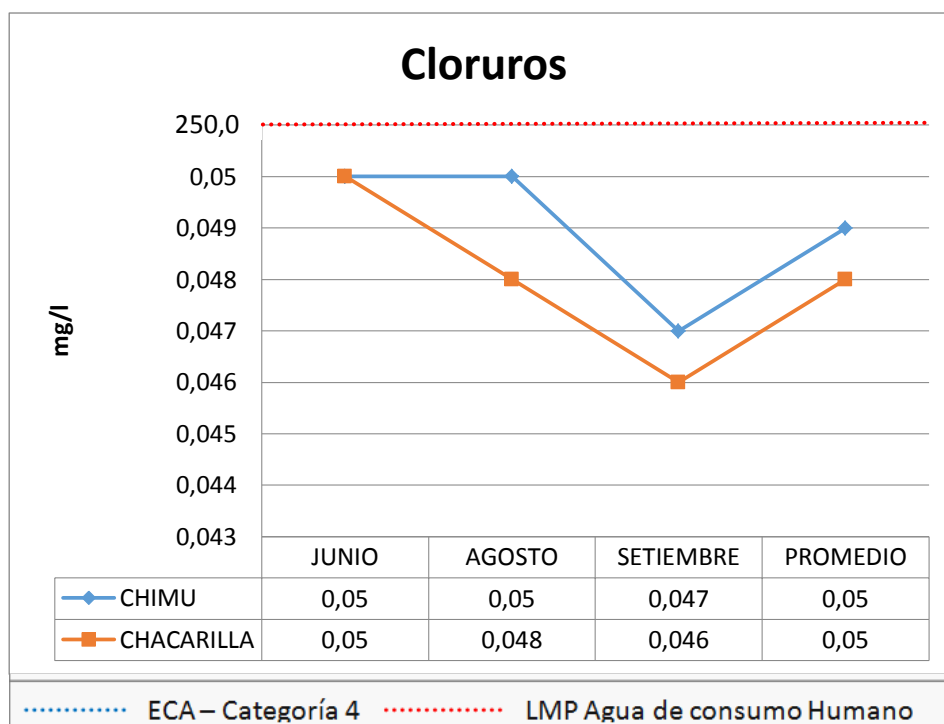


Figura 09: Valores de los cloruros del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.

Los resultados obtenidos para el punto de muestra CI denotan cantidades mínimas de cloruros, con una máxima de 0.05 mg/L, una mínima de 0.047 mg/L y una media de 0.05 mg/L, que básicamente expresan cantidades no significativas en forma de cloruro de sodio, sabor salado que no es perceptible al gusto, detectable a partir de 250 mg/L. Para las muestras tomadas en el punto CA, los resultados guardan relación con las muestras tomadas en Chimú, obteniendo el mismo promedio de 0.05 mg/L y la misma máxima de 0.05 mg/L, pero diferente mínima de 0.046 mg/L, que nos indican que su valor no cambia significativamente, más solo por el tratamiento general de otros parámetros, que por sus cantidades mínimas no necesitan más tratamiento especial. Su valor establecido por los límites Máximos permisibles para agua potable (250 mg/L) se estableció en el agua por razones de sabor, más que por razones sanitarias.

Los resultados con respecto a otros autores, discrepan de los obtenidos en el presente estudio, esto se debe a que el agua cruda y potable analizada fue de ríos, como es el caso de Martínez (2017), quien obtuvo promedio de cloruros de  $48.1 \pm 2.6$  mg/L, para la PTAP del distrito de Samán y de Yana (2017), que presentó valores oscilaron entre 45.10 y 48.80 mg/L y un promedio de 46.88 mg/L para el agua potable en la ciudad de Azángaro, valores superiores a los presentados por Yanapa (2012), en la ciudad de llave, quien obtuvo promedios de 20.23 mg/L en la planta de tratamiento y para los reservorios 19.5 y 20.43 mg/L, Vilca (2011), con valores que fluctúan entre 8.33, 6.8 y 6.81 mg/L, en muestras de manantial, reservorio y agua domiciliaria respectivamente en Vilque, Salazar (2015), quien analizó la calidad en el abastecimiento de la ciudad de Juliaca, registrando valores que fluctuaron entre 1.6 a 2.3 mg/L para la salida de planta de tratamiento y 1.0 – 1.7 mg/L en sus reservorios. Zhen (2009), en la red de muestreo en la microcuenca en función de la época en la quebrada Victoria, Costa Rica demostró que los cloruros no varían significativamente a lo largo de las épocas; sus valores en época lluviosa el valor obtenido fue de 12.0 mg/L, pasando a la época seca con 12.8 mg/L y en la transición de 12.9 mg/L, manteniéndose casi estable, variando principalmente en función del medio de circulación del agua cruda. La comisión Multisectorial para la prevención y recuperación ambiental del lago Titicaca y sus afluentes (2014), en función de la salinidad, registró un valor de 0.08 mg/L en el sector Chimu, guardando una relación con el presente estudio.

**h. Sulfatos**

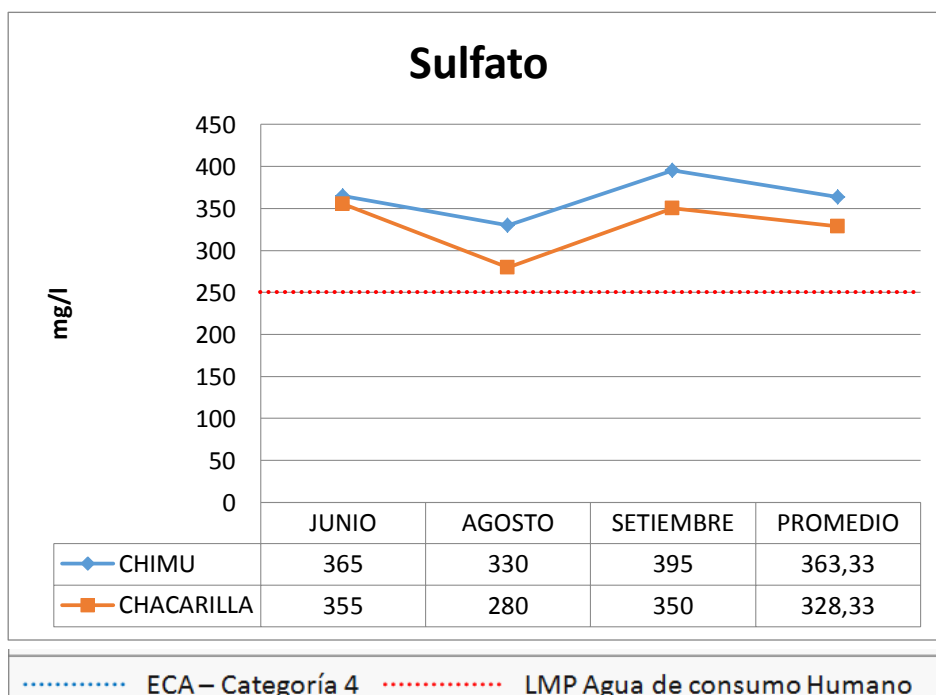


Figura 10: Valores de los sulfatos del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.

Los resultados que se obtuvieron para los sulfatos en las muestras tomadas tanto para los puntos CI y CA, fueron de una magnitud considerable con valores para el punto CI de 330 mg/L en la mínima y de 395 mg/L en la máxima, con una media de 363.33 mg/L, lo que se traduce a una oxidación de minerales de sulfito o desechos de origen industrial, como fertilizantes utilizados para los cultivos de cebada y quinua encontrados a la rivera del lago, a la vez que el sulfato es uno de los principales componentes disueltos de la lluvia, evidenciándose esta afirmación en el mes de septiembre donde se produjo las primeras lluvias a diferencia de los meses de junio y agosto que afrontaba un periodo de estiaje. Para el punto CA, los valores son reducidos con una máxima de 355 mg/L y una mínima de 280 mg/L, reduciéndose la medias a 328.33 mg/L, reducción insuficiente pues aunque el nivel máximo de sulfato sugerido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en las Guías para la calidad del agua potable es de 500 mg/L, las normas

de la Unión Europea (UE) son más completas y estrictas que la OMS, que sugiere un máximo de 250 mg/l de sulfato en el agua destinada al consumo humano. De sobrepasar las normas de la UE puede tener un efecto laxante cuando se combina con el calcio y el magnesio, los dos componentes más comunes de la dureza.

Los resultados obtenidos para el sulfato guardan relación con lo publicado por el PEBLT (2014), reportando un valor de 331 mg/L, para el mes de Octubre y de 201 mg/L para noviembre en el sector Chimú al 20% de profundidad y de 210 a 325 mg/L al 80% de profundidad, valores elevado ligeramente altos en comparación a los enunciados por La comisión Multisectorial para la prevención y recuperación ambiental del lago Titicaca y sus afluentes (2014), con resultados de 251 mg/L al 20 % y 242 mg/L al 80% de profundidad. Para aguas tratadas por plantas de tratamiento de agua potable, Martínez (2017), reportó resultados diferenciados del presente estudio, debido a que las fuentes de abastecimiento son diferentes, tratándose aguas de río con una concentración de sulfatos de  $138 \pm 71.1$  mg/L, para la ciudad de Samán, a diferencia de esta, Yana (2017), presentó resultados para la ciudad de Azángaro, bastante pequeños con valores que oscilaron entre 16.10 a 16.83 mg/L y un promedio de 16.36 mg/L, entre 15.25 a 17.49 mg/L con un promedio de 16.33 mg/L, y entre 15.43 a 17.30 mg/L con un promedio de 16.41 mg/L, para sus tres puntos de muestras al igual que Yanapa (2012), en la ciudad de Ilave donde obtuvo promedios de 20.23 mg/L en la planta de tratamiento y para los reservorios 19.5 y 20.43 mg/L, y con valores un poco más altos Salazar (2015), quien registró valores que fluctuaron entre 75 a 90 mg/L para la salida de planta de tratamiento. Zhen (2009), en sus estudio anual que la quebrada obtuvo 67 mg/L con una mínima de 11.2 mg/L en época primeras lluvias y una máxima de 107 mg/L en la época de transición de seca a lluviosa.

i. Dureza Total

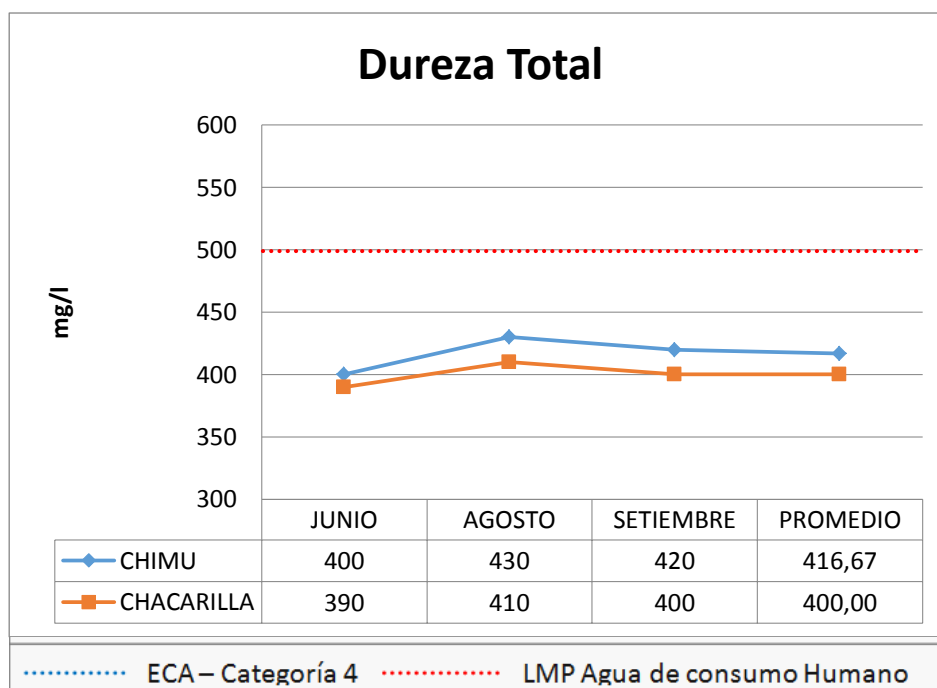


Figura 11: Valores de la dureza total del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.

Los resultados obtenidos para la dureza total en el punto de muestra CI, mostraron una máxima de 430 mg/L y una mínima de 400 mg/L, con una media de 416,67 mg/L, lo que indica una calidad aceptable en sales de calcio y de magnesio y un grado de dureza entre dura y muy dura, que en condiciones naturales se da por terrenos calizos e indirectamente por fertilizantes, o suelos con residuos fertilizantes, que al escarbarse los suelos o prepararlos para una nueva cosecha se liberan en forma de material particulado, arrastrados por acción del viento al lago lo que incrementa su contenido en la fuente de agua, lo que se puede apreciar en la presente investigación en el mes de agosto donde se pudo observar el terreno de cultivo bastante seco, y con tierra removida fácilmente arrastrado por el viento. Para el punto de muestra CA, se observa en la figura 11, la relación con el punto CI, con una máxima de 410 mg/L, una mínima de 390

mg/L y una media de 400.00 mg/L, obteniendo una reducción del 16.67 mg/L, lo que también es aceptable, aun cuando el cambio no es relativo.

Tales resultados guardan relación al agua cruda en el sector Chimu, con lo presentado por La comisión Multisectorial para la prevención y recuperación ambiental del lago Titicaca y sus afluentes (2014), cuyos valores oscilaron entre 129,5 a 312.9 mg/L, presentando ligeras fluctuaciones en su concentración que demuestran una masa de agua con un grado de dureza entre dura y muy dura, similar a los resultados obtenidos por Beltrán *et al.* (2011), con una máxima de 410 mg/L y una mínima de 240 mg/L; con respecto al agua potable suministrada por las PTAP, Yana (2017), presentó resultados de los meses de agosto a octubre en la EPS Nor Puno S.A. de Azángaro valores entre 259 y 263 mg/L y un promedio de 261 mg/L, resultados relacionados a los de Martínez, (2017), cuyo valor es de  $276.5 \pm 37.0$  mg/L a la salida de la planta, resultados superiores a los reportados por Yanapa (2012), en llave obtuvo valores de 77.8 mg/L en la planta de tratamiento; Salazar (2015), registró valores entre 195 a 230 mg/L para la salida de planta de tratamiento y 185 – 310 mg/L en los reservorios de la ciudad de Juliaca. Vilca (2011), al estudiar el agua de consumo humano en la localidad de Vilque (Puno), obteniendo valores promedio de 185 mg/L en manantial, 178 mg/L en reservorio y de 171.67 mg/L en agua domiciliaria. Los resultados obtenidos para el agua de consumo humano en las diferentes localidades varían del presente estudio por ser suministrada por ríos y manantiales, que por sus condiciones varían en su composición con respecto a un lago.

j. Alcalinidad

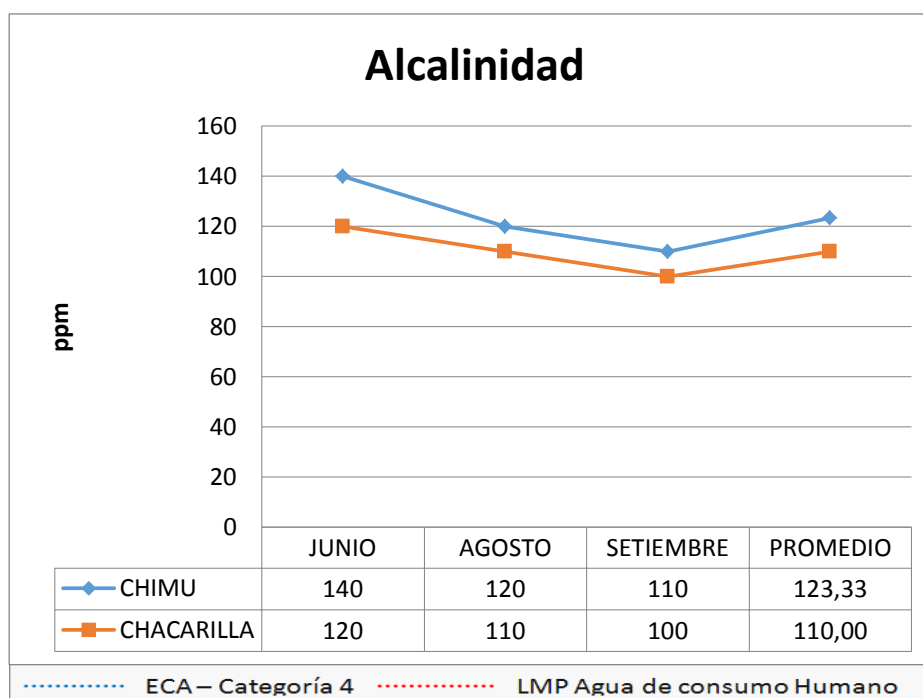


Figura 12: Valores de la alcalinidad del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.

Los resultados registrados para la alcalinidad en el punto de muestra CI reflejaron una tendencia hacia la disminución, con una máxima de 140 ppm para junio y una mínima en septiembre con 11 ppm, con una disminución de 30 ppm, y un promedio de 123.33 ppm, lo que nos indica que la productividad alta en contenidos de carbonatos y bicarbonatos del lago fue disminuyendo, aunque no significativamente, producido básicamente por sustancias ácidas en las aguas residuales. Para el punto de muestra CA se presentan las mismas condiciones que en el punto CI, con una máxima de 120 ppm para el mes de junio y una mínima de 100 ppm en septiembre, con una media de 110.00 ppm que en relación con el punto CI, disminuye en 13.33 ppm, cambio no significativo, aplicado por el tratamiento de la PTAP Aziruni.

Teles resultados guardan relación en base al punto CI, con lo obtenido por Beltrán *et al.* (2015), cuyos valores reportados de diciembre a abril, un promedio de 154.25 ppm, con una máxima de 175 ppm y una mínima de 143 ppm, valores altos y muy altos, diferenciados ligeramente por tomarse las muestras en la bahía interior de Lago Titicaca, confirmando los resultados por los expuestos por La comisión Multisectorial para la prevención y recuperación ambiental del lago Titicaca y sus afluentes (2014), que reportó un valor de 129,5 ppm, valor alto en contenido de carbonatos y bicarbonatos. Para el punto CA, Ojeda (2012), en la planta de tratamiento de agua potable de Barrancabermeja, Santander, Colombia obtuvo valores entre 20 a 34 ppm, diferenciado del presente estudio por abastecer su planta de aguas de río, y ubicarse en diferente ubicación espacial, con diferentes condiciones geológicas, climáticas y tratamiento aplicado.

**k. Coliformes totales**

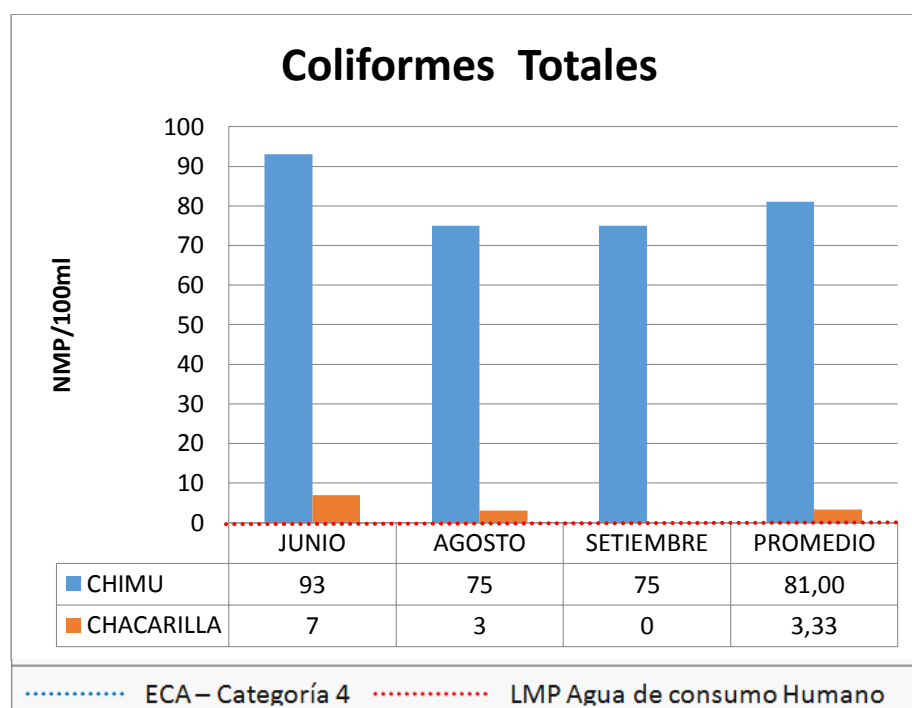


Figura 13: Valores de los *coliformes totales* del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.



La concentración de *coliformes totales* durante el proceso de muestra de junio, agosto y septiembre en el punto CI, obtuvieron una máxima de 93 NMP/100ml, una mínima de 75 NMP/100ml y una media de 81 NMP/100ml, valores que denotan una mayor concentración de contaminación fecal en el mes de Junio, debido al festejo patronal de San Pedro y San Pablo, en el sector Chimu, lo que generó una mayor carga de aguas carga orgánica, pero de poca significancia en cuanto a cuerpos superficiales de agua cruda de magnitud como lo es el Lago Titicaca; en cuanto al punto CA, en relación al punto CI, se tuvo una máxima de 7 NMP/100ml en el mes de junio, que mediante el análisis de tubos múltiples (03 por punto) se encontró que en promedio por tubo de 2,3NMP/100ml, que nos daría un exceso de 0.53 NMP/100ml respecto a los LMP; para los siguientes meses de agosto y septiembre se obtuvieron valores de 3 NMP/100ml y 0 NMP/100ml respectivamente, con una media de 3.33 NMP/100ml, lo que demuestra un tratamiento aplicado para reducir dicho indicador.

Tales resultados guardan relación con los presentados por el PEBLT (2014), en la captación de agua potable en Chimu con un valor de 350 NMP/100ml, que llevado a los resultados obtenidos por el presente y aplicando una equivalencia de 3 a 10 tubos, obtendremos 270 NMP/100ml, que obtendrían su semejanza por tomarse la muestra a una profundidad del 20% en el mes de Octubre. Difieren a tales resultados La comisión Multisectorial para la prevención y recuperación ambiental del lago Titicaca y sus afluentes (2014), que reportó al 20% de profundidad 1800 NMP/100ml y al 80% 2000 NMP/100ml, valores significativos que varían en función a que la muestra fue tomada en el 2013, en tiempos de lluvias, donde el arrastre de eses fecales por medio de esorrentías pluviales, incrementando el nivel de carga orgánica en el receptor natural que es el lago. Para los resultados del agua pasados por las Plantas de tratamiento de agua potable, Yana (2017), reportó valores promedios entre 1.33 a 14.33 NMP/100ml, que llevando los

resultados del presente a 10 tubos obtendríamos el promedio de 11.1 NMP/100ml, que guardaría relación con el presente estudio; Martínez (2017), reportó para coliformes totales un promedio de  $32 \pm 32$  UFC/100ml, con un valor máximo de 80 UFC/100ml y un mínimo de 3 UFC/100ml. Yanapa (2012), reportó la ausencia de *coliformes totales*, (0 NMP/100ml), en la planta de tiramiento como en los reservorios en llave y Desaguadero; Vilca (2011), reportó 6.67 NMP/100ml en reservorio de la localidad de Vilque y así también Salazar (2015), reportó ausencia de *coliformes totales*.

**I. Coliformes fecales**

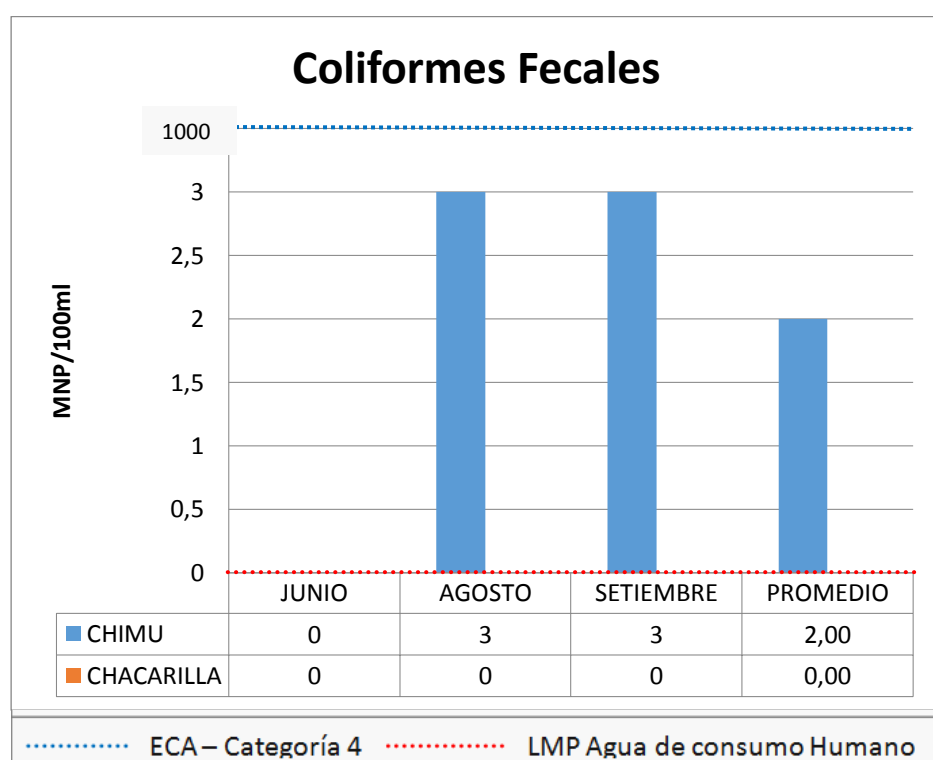


Figura 14: Valores de los *coliformes fecales* del agua al 20% de profundidad en el punto CI y a nivel superficial en el punto CA, durante las tres repeticiones realizadas.

Los resultados para en punto de muestra CI, denotan una máxima de 3 NMP/100ml, y una mínima de 0 NMP/100ml, con un promedio de 2 NMP/100ml, para una metodología de 3 tubos, que llevados a una equivalencia de 10 tubos, obtendremos un promedio de 6.67 NMP/100ml, cantidad relativa para los *coliformes fecales*, cuya alza fue por la presencia de las primeras lluvias, que por arrastre de la escorrentía y el flujo del agua en el lago, removieron del sustrato del lago materia fecal, su cantidad no es de gran impacto. Para el punto de muestra CA, previo tratamiento por la PTAP Aziruni, no se encontró señales de *coliformes fecales*, en todo el tiempo de toma de muestras.

Los resultados guardan relación para punto de muestra CI, con lo obtenidos por el PEBLT (2014), que publicó valores entre 5.0 a 5.6 NMP/100ml, valores que difieren de los resultados publicados por La comisión Multisectorial para la prevención y recuperación ambiental del lago Titicaca y sus afluentes (2014), reportó al 20% de profundidad 540 NMP/100ml y al 80% 600 NMP/100ml, que por su metodología y el tiempo de toma de muestras hacen que difieran de los resultados obtenidos. Para el agua tratada Gonzales (2017), los *coliformes termotolerantes* presentan un promedio de  $26 \pm 29$  UFC/100ml, con un valor máximo de 68 UFC/100ml y un mínimo de 1 UFC/100ml, Yanapa (2012), Salazar (2015) y Vilca (2011) reportaron la ausencia de coliformes fecales en las muestras de agua potable tomadas en Desaguadero, Ilave y Juliaca.

## 4.2 CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA

### 4.2.1 Estándares de Calidad Ambiental – ECA

Tabla 06: Cumplimiento de la los ECA – Categoría 4.

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MESES			PROMEDIO	ECA Categoría 4	OBSERVACIÓN
		JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE			
pH	pH	8.5	8.14	8.8	8.48	6,5 a 9,0	Cumple el ECA
Temperatura	°C	14.5	14.1	16.9	15.17	Λ 3	Cumple el ECA
Conductividad	μS/cm	1380	1380	1430	1396.67	1000	No cumple el ECA
Oxígeno Disuelto	mg/L	14.8	12.3	14.5	13.87	≥5	Cumple el ECA
<i>Coliformes</i>	NMP/100	0	3	3	2.0	1000	Cumple el ECA
<i>Termotolerantes</i>	mL						

La presente tabla muestra un listado de parámetros que son albergados por los Estándares de calidad Ambiental, Categoría 4, “Conservación del ambiente acuático”, que son el pH, temperatura, conductividad, oxígeno disuelto y Coliformes termotolerantes, juntamente con los resultados en cada una de las 3 repeticiones tomadas en los meses de junio a septiembre, el promedio y el límite establecido por el estándar. De los 5 parámetros analizados la conductividad es el único parámetro que excede el límite establecido en un promedio de 396.67 μS/cm, valor ocasionado principalmente por iones de potasio (K+) provenientes de los residuos de los fertilizantes usados por los pobladores de la comunidad de Chimú, cuyos cultivos de quinua, cebada, papa y haba, están ubicados a riberas del lago y que por acción eólica son arrastrados hasta el lago aumentando la conductividad. Los otros parámetros (pH, Temperatura, Conductividad, Oxígeno Disuelto y *Coliformes termotolerantes*) en el punto CI, del sector Chimú, se encuentran dentro de los ECA Categoría 4.

## 4.2.2 Límites Máximos Permisibles – LMP

Tabla 07: Cumplimiento de los LMP de agua para consumo humano.

PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	MESES			PROMEDIO	LMP	OBSERVACIÓN
		JUNIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE			
Ph	pH	8.1	7.93	8.1	8.04	6,5 a 8,5	Cumple el LMP
Turbidez	NTU	1.18	7.93	0.79	1.20	5	Cumple el LMP
Conductividad	µmho/cm	1210	1383	1340	1311.00	1500	Cumple el LMP
Sólidos Totales Disueltos	mg/L	610	692	670	657.33	1000	Cumple el LMP
Cloruros	mg Cl /L	0.05	0.048	0.046	0.05	250	Cumple el LMP
Sulfatos	mg SO4 /L	355	280	350	328.33	250	No cumple el LMP
Dureza Total	mg CaCO3 /L	390	410	400	400.00	500	Cumple el LMP
Coliformes Totales	NMP/100 mL	7	3	0	3.33	= < 1,8 /100 ml	No cumple el LMP
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	0	0	0	0.00	= < 1,8 /100 ml	Cumple el LMP

En la tabla 07 presenta los parámetros abordados por los Límites Máximos Permisibles establecidas para el agua de consumo humano, que son la turbidez, conductividad, sólidos totales disueltos, cloruros, sulfatos, dureza total, coliformes totales y coliformes fecales; dichos parámetros van acompañados de los resultados de la toma de muestras, junto a la media y el límite establecido, durante los meses de Junio a Septiembre. Los resultados garantizan la salubridad del recurso para su ingesta por los pobladores en 7 de 9 parámetros; por mencionado los sulfatos y coliformes totales exceden los límites máximos con 328.33 mg SO4 /L y 3.33

NMP/100 mL respectivamente, ocasionado por concentraciones medias ligeramente elevadas en la captación de agua cruda y un tratamiento relativamente eficiente aplicado por la planta de tratamiento de agua potable Aziruni para tales parámetros.

#### 4.3 ANÁLISIS DE LA DIFERENCIA ENTRE LAS VARIABLES TOMADAS EN LOS PUNTOS DE MUESTRA CI Y CA.

Tabla 08: Resultados de la Diferencia para cada uno de los parámetros analizados entre las muestras de los puntos CI y CA.

Variable	Media	Desv. Estándar	Coef. Variación	Mínimo	Máximo	Significancia
pH	8.260	0.311	3.77	8.040	8.480	No significativo
Temperatura	15.303	0.184	1.20	15.173	15.433	No significativo
Turbidez	1.387	0.259	18.70	1.203	1.570	No significativo
Conductividad	1353.8	60.6	4.47	1331.0	1396.7	No significativo
STD	675.8	26.2	3.87	657.3	694.3	No significativo
OD	13.368	0.705	5.27	12.870	13.867	No significativo
Cloruros	0.0485	0.0007	1.46	0.0480	0.0490	No significativo
Sulfato	345.8	24.7	7.16	328.3	363.3	No significativo
Dureza Total	408.33	11.79	2.89	400.00	416.67	No significativo
Alcalinidad	116.67	9.43	8.08	110.00	123.33	No significativo
Colifor. Totales	42.2	54.9	130.24	3.3	81.0	Significativo
Colifor. Fecales	1.00	1.41	141.42	0.00	2.00	Significativo

En la Tabla 08 muestra los resultados estadísticos de la diferencia entre las muestras tomadas entre los puntos CI y CA, para cada uno de los parámetros analizados; donde se toma en cuenta la media, desviación estándar, coeficiente de

variación, la máxima, la mínima y la significancia que nos permiten interpretar los resultados a continuación:

**a. pH**

El pH mostró un coeficiente de variación donde la media es altamente representativa, debido a que la dispersión de los resultados obtenidos son muy bajas durante las tres repeticiones realizadas; concluyendo que la variación en el pH entre los puntos de muestras CI y CA no es significativa, encontrándose valores similares o parecidas en los puntos de muestreo, con una tendencia alcalina.

**b. Temperatura**

La temperatura mostró un coeficiente de variación donde la media es altamente representativa, debido a que la dispersión de los resultados obtenidos son muy bajas durante las tres repeticiones realizadas; concluyendo que la variación la temperatura entre los puntos de muestras CI y CA no es significativa, encontrándose valores similares o parecidas en los puntos de muestreo.

**c. Turbidez**

La turbidez mostró un coeficiente de variación donde la media es representativa, debido a que la dispersión de los resultados obtenidos son regulares durante las tres repeticiones realizadas; concluyendo que la variación en la turbidez entre los puntos de muestras CI y CA no es significativa, encontrándose valores similares o parecidas en los puntos de muestreo.

**d. Conductividad**

La conductividad mostró un coeficiente de variación donde la media es altamente representativa, debido a que la dispersión de los resultados

obtenidos son muy bajas durante las tres repeticiones realizadas; concluyendo que la variación en la conductividad entre los puntos de muestras CI y CA no es significativa, encontrándose valores similares o parecidas en los puntos de muestreo, con una tendencia alcalina.

**e. Sólidos totales disueltos**

Los sólidos totales disueltos mostraron un coeficiente de variación, donde la media es altamente representativa, debido a que la dispersión de los resultados obtenidos son muy bajas durante las tres repeticiones realizadas; concluyendo que la variación en los sólidos disueltos totales entre los puntos de muestras CI y CA no es significativa, encontrándose valores similares o parecidas en los puntos de muestreo.

**f. Oxígeno disuelto**

El oxígeno disuelto mostró un coeficiente de variación donde la media es altamente representativa, debido a que la dispersión de los resultados obtenidos son muy bajas durante las tres repeticiones realizadas; concluyendo que la variación del oxígeno disuelto entre los puntos de muestras CI y CA no es significativa, encontrándose valores similares o parecidos en los puntos de muestreo.

**g. Cloruros**

El cloruro mostró un coeficiente de variación, donde la media es altamente representativa, debido a que la dispersión de los resultados obtenidos son muy bajas durante las tres repeticiones realizadas; concluyendo que la variación en los cloruros entre los puntos de muestras CI y CA no es significativa, encontrándose valores similares o parecidas en los puntos de muestreo.



**h. Sulfato**

El sulfato mostró un coeficiente de variación, donde la media es altamente representativa, debido a que la dispersión de los resultados obtenidos son muy bajas durante las tres repeticiones realizadas; concluyendo que la variación en los sulfatos entre los puntos de muestras CI y CA no es significativa, encontrándose valores similares o parecidas en los puntos de muestreo.

**i. Dureza total**

La dureza total mostró un coeficiente de variación, donde la media es altamente representativa, debido a que la dispersión de los resultados obtenidos son muy bajas durante las tres repeticiones realizadas; concluyendo que la variación de la dureza total entre los puntos de muestras CI y CA no es significativa, encontrándose valores similares o parecidas en los puntos de muestreo.

**j. Alcalinidad**

La alcalinidad mostró un coeficiente de variación, donde la media es altamente representativa, debido a que la dispersión de los resultados obtenidos son muy bajas durante las tres repeticiones realizadas; concluyendo que la variación en la alcalinidad entre los puntos de muestras CI y CA no es significativa, encontrándose valores similares o parecidas en los puntos de muestreo.

**k. Coliformes totales**

Los coliformes totales mostraron un coeficiente de variación, donde la media no es representativa, debido a que la dispersión de los resultados obtenidos son muy altas durante las tres repeticiones realizadas; concluyendo que la variación de los coliformes totales entre los puntos de muestras CI y CA es muy significativa, encontrándose valores diferenciados en los puntos de muestreo,

atribuido básicamente al tratamiento con cloro gaseoso efectuado por la PTAP EMSAPUNO.

#### ***I. Coliformes fecales***

Los coliformes fecales mostraron un coeficiente de variación, donde la media no es representativa, debido a que la dispersión de los resultados obtenidos son muy altas durante las tres repeticiones realizadas; concluyendo que la variación de los coliformes fecales entre los puntos de muestras CI y CA es muy significativa, encontrándose valores diferenciados en los puntos de muestreo, atribuido básicamente al tratamiento con cloro gaseoso efectuado por la PTAP EMSAPUNO.

En base a los resultados obtenidos la probabilidad asociada a la variación, indica que los resultados de las variables entre Chimu y Chacarilla son iguales a excepción de los coliformes totales y fecales.

## CONCLUSIONES

- ✓ Los parámetros físico-químicos y microbiológicos del sector Chimu y la Planta de Tratamiento de Agua Potable, de acuerdo a los análisis realizados, no cumplen con todos los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles, confirmando que no cumplen la calidad óptima necesaria para el consumo humano.
- ✓ Los resultados de las muestras evaluados con los Estándares de Calidad Ambiental – Categoría 4 realizados en el sector Chimu, están por debajo de los estándares de calidad (pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad y *Coliformes termotolerantes*), a excepción de la conductividad eléctrica, parámetro que excede el valor del ECA (1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), con un promedio de 1396  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , lo que en términos generales hace que su aptitud no es muy adecuada.
- ✓ Los parámetros físico-químicos evaluados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) de agua para consumo humano no exceden los LMP (pH, turbidez, conductividad, sólidos disueltos totales, cloruros, sulfatos, dureza total), a excepción de los sulfatos (valor límite 250 mg  $\text{SO}_4$  /L) cuyo valor promedio fue de 328 mg  $\text{SO}_4$  /L en todo el periodo de muestra. También se encontró dentro de los parámetros microbiológicos a los *coliformes totales* que se excedió en el mes de Junio con un valor de 2.3 NMP/100ml indicando un tratamiento ineficiente.
- ✓ Aplicada la prueba del diseño de bloque completo al azar, modelo lineal, según los parámetros en estudio, no existe diferencia significativa entre las aguas crudas del sector Chimu y las aguas tratadas por la PTAP existiendo diferencia solo en dos variables (*Coliformes totales y fecales*).

## RECOMENDACIONES

- ✓ Establecer un programa de muestra y vigilancia ambiental por la empresa EMSA Puno, acerca del avance de la contaminación proveniente de la bahía interior del Lago Titicaca a fin de prevenir la contaminación en el punto de captación de agua potable en Chimu y establecer planes de contingencia a dicha problemática, identificando nuevos puntos de captación de agua potable alternativos, con el objetivo de brindar un mejor servicio a la ciudad de Puno.
- ✓ Implementar un tratamiento de desinfección microbiológica más eficiente para los coliformes totales, un tratamiento químico para los sulfatos y aplicar procesos a través de membranas semi-impermeables que reduzcan impurezas de STD, lo que reduciría el nivel de conductividad, que permitan cumplir con los límites Máximos y proveer una mejor calidad de agua potable a la ciudadanía de Puno por la empresa EMSA Puno.
- ✓ Implementar un sistema de vigilancia meteorológico en base a los tiempos que atraviesa la región de Puno, para llevar planes de acción y prevención de la gestión del recurso hídrico, mediante la empresa EMSA Puno y Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) estación Puno.
- ✓ El Ministerio del Ambiente en coordinación con el Ministerio de Salud, por una mejora en la normas de calidad de agua para el consumo humano, deberían actualizar los Límites Máximos Permisibles (LMP) de agua potable, con valores coherentes a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) Categoría 4 y así mismo se recomienda el análisis de metales pesados como el arsénico.

## REFERENCIAS

- American Public Health Association, American Water Works Association y Water Environment Federation (22va Ed.) (1995). *Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. U.S.: APHA; AWWA y WPCF.
- Arcos M. (2005). *Indicadores Microbiológicos de la Contaminación de Fuentes de Agua*. Vol. 3. Universidad Colegio Mayor de Cundinamarca. Cundinamarca, Colombia.
- Barrenechea A. (2005). *Tratamiento de agua para consumo*. Volumen I. Editorial Universidad Nacional del Callao. Lima – Perú.
- Beltrán D., Palomino R., Moreno E., Peralta C. y Montesinos D. (2015). Calidad de agua de la bahía interior de Puno, lago Titicaca durante el verano del 2011, *Revista Peruana de Biología*. Perú.
- Bernal C. (2006). *Metodología de la investigación – para Administración, economía, humanidades y ciencias sociales*, México: Pearson Educación. Pp. 169-172.
- Briñez K., Guarnizo J. y Arias S. (2012). Calidad del agua para consumo humano en el departamento del Tolima. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*. Recuperado de: <https://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/fnsp/article/view/11679/20779733>
- Camacho A., Giles M., Ortegón M., Palao M., Serrano B. y Velázquez O. (2da Ed.) (2009). *Técnicas para el Análisis Microbiológico de Alimentos*. Facultad de Química, UNAM. México.
- Custodio E. y Díaz E. (2001). *Sección 18: Calidad del Agua Subterránea*. En: *Hidrología Subterránea*. (2da Ed.). Tomó II. Barcelona, España, Omega. P. 18,28-18.31.

- Eaton A., Clesceri L., Rice E. y Greenberg A. (21va Ed.) (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Estados Unidos, Centennial Edition.
- Fawell J. y Nieuwenhuijsen M. (2003). *Contaminants in Drinking Water*. British Medical Bulletin. London. UK. Prince Consort Road.
- Fernández L. (2015). EMSA Puno publicó nuevas tarifas para los usuarios de agua. *La República*. Puno. Recuperado de <https://larepublica.pe/sociedad/896724-ems-puno-publico-nuevas-tarifas-para-los-usuarios-de-agua>
- Foster S., Hirata R., Gomes D., D'Elia M. y Paris M. (2003). *Protección de la Calidad del Agua*. México D.F., Ediciones Mundi-Prensa.
- Hernández R., Fernández C. y Baptista P. (5ta Ed.) (2010). *Metodología de la investigación*. México. McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (2007). *Manual de Calidad. Laboratorio Nacional de Agua*. San José, Costa Rica: AyA.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM, 2006). Determinación de Oxígeno Disuelto por el método yodométrico modificación de azida. Instituto de Hidrología y Estudios Ambientales.
- Jouravlev A. (2004). Los servicios de agua potable y saneamiento en el umbral del siglo XXI. *Recursos Naturales e Infraestructura*. CEPAL. Santiago de Chile.
- La Comisión Multisectorial para la prevención y recuperación Ambiental del Lago Titicaca y sus Afluentes (2014). *Estado de la Calidad Ambiental de la cuenca del Lago Titicaca, Ambito Peruano*. D.S. N° 075-2013-PCM. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/puno/wp-content/uploads/sites/55/2014/02/ESTUDIO-DEL-ESTADO-DE-LA-CALIDAD-AMBIENTAL-CUENCA-DEL-TITICACA..pdf>

- La República (2016). Gobierno se compromete a ejecutar 10 PTAR en Puno ante anuncio de paro. *La República*. Recuperado de <http://larepublica.pe/impresasociedad/823513-gobierno-se-compromete-ejecutar-10-ptar-en-puno-ante-anuncio-de-paro>
- Marcó L., Azario R., Metzler C. y García M. (2004). La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina), *Higiene y Sanidad Ambiental*, Uruguay, Recuperado de [http://www.saludpublica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c\\_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82\(2004\).pdf](http://www.saludpublica.es/secciones/revista/revistaspdf/bc510156890491c_Hig.Sanid.Ambient.4.72-82(2004).pdf)
- Martínez J. (2017). Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua de consumo humano del distrito de Saman, provincia de Azángaro – Puno. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano Puno. Recuperado de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6585/Martinez\\_Olivares\\_Jose\\_Antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6585/Martinez_Olivares_Jose_Antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Mejía M. (2005). *Análisis de la calidad del agua para consumo humano y percepción local de las tecnologías apropiadas para su desinfección a escala domiciliaria, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras*, (Tesis Magistral) Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Turrialba, Costa Rica.
- Ministerio de Salud (2011). Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano. D.S. N° 031-2010-SA. Ministerio de Salud. Lima, Perú: MINSA Recuperado de [http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento\\_Calidad\\_Agua.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/publicaciones/descargas/Reglamento_Calidad_Agua.pdf)

- Mora A. (2003). Agua para consumo humano y disposición de excretas: situación de Costa Rica en el contexto de América Latina y el Caribe. *Salud Pública*, Costa Rica.
- Navarro J. (2014). *Evaluación de la calidad bacteriológica en aguas de pozo en la comunidad de Manacamiri de la Región Loreto*. (Tesis de Grado). Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos. Perú.
- Ojeda M. (2012). *Caracterización fisicoquímica y parámetros de calidad del agua de la planta de tratamientos de agua potable de Barrancabermeja*, (Tesis de grado) Universidad industrial de Santander, Colombia.
- Organización Mundial de la Salud (2006) (a). *Guías para la calidad del agua potable*. (3ra Ed.). Primer apéndice. Vol. 1: Recomendaciones. OMS Recuperado de [https://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](https://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)
- Organización Mundial de la Salud (2006) (b). *Agua, saneamiento y salud: Enfermedades relacionadas con el agua*. OMS Recuperado de [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/diseases/diseasefact/es/index.html](http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/diseasefact/es/index.html)
- Organización Panamericana de la Salud (2003). *Calidad del Agua Potable en Costa Rica: Situación actual y perspectiva*. San José, Costa Rica: OPS.
- Pastor O. (2014). *Evaluación de la satisfacción de los servicios de agua y saneamiento urbano en el Perú: De la imposición de la oferta a escuchar a la demanda*. (Tesis Magistral). Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima.
- Pérez G., Rosales J., Valdez A., Vargas F. y Córdova O. (2008). Detección de parásitos intestinales en agua y alimentos de Trujillo, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, Recuperado de [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1726-46342008000100018](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342008000100018)



- Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca (2013) Contaminación de la Bahía Interior Puno. (Vol. VI). *Preservación de los Recursos Hídricos*. Ministerio de Agricultura. Puno, Perú: PEBLT. Recuperado de <http://www.pelt.gob.pe/pelt2/index.php/muestra-de-bahia-interior-puno>
- Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca (2014). Contaminación de la Bahía Interior Puno. (Vol. VI). *Preservación de los Recursos Hídricos*. Ministerio de Agricultura. Puno, Perú: PEBLT. Recuperado de <http://www.pelt.gob.pe/pelt2/index.php/muestra-de-bahia-interior-puno>
- Proyecto Especial Binacional Lago Titicaca (2017). *Monitoreo de la calidad del Agua en las Bahía del Lago Titicaca lado Peruano*. Puno, Perú: PEBLT. Recuperado de <http://pelt.gob.pe/sirh/datos-bahias-del-lago-2017/>
- Pullés R. (2014). Microorganismos indicadores de la calidad del agua potable en Cuba. *Revista CENIC*. Ciencias Biológicas .Cuba.
- Rojas R. (2002). *Guía para la Vigilancia y Control de la calidad del Agua para Consumo Humano*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS/CEPIS). Lima.
- Salazar M. (2015). *Calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua, en el sistema de abastecimiento para consumo humano, en la ciudad de Juliaca – 2014*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno.
- Sierra C. (2011). *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico*. Medellín. Colombia. Editores de la U.
- Tacuri J. y Vintimilla O. (2012). *Control microbiológico y físico-químico del agua potable del sistema de abastecimiento del catón Santa Isabel*. (Tesis de Grado). Escuela de Bioquímica y farmacia. Universidad de Cuenca. Ecuador.

- Terleira E. (2010). *Evaluación de la contaminación fecal del agua superficial de la cuenca media del río Shilcayo ubicada entre la bocatoma y el asentamiento humano Villa Autónoma*. (Tesis Magistral). Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto.
- Vilca K. (2011). *Calidad bacteriológica y físico química del agua de consumo humano en la localidad de Vilque*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú.
- World Water Assessment Programme (2003). *Agua para todos, Agua para la Vida*. Primer informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. (Resumen Ejecutivo) Paris, Francia: WWAP  
Recuperado de <http://www.un.org/esa/sustdev/sdissues/water/WWDR-spanish-129556s.pdf>
- Yana W. (2017). *Calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en el sistema de agua potable en la ciudad de Azángaro, Puno – 2017*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Recuperado de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6124/Yana\\_Tipo\\_Wagner.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6124/Yana_Tipo_Wagner.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Yanapa J. (2012). *Calidad organoléptica, físico – química y bacteriológica del agua potable de la ciudad de Ilave*. (Tesis de grado) Universidad Nacional del Altiplano. Puno. Perú.
- Zamora J. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto,(ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre. *Pensamiento Actual*. Recuperado de <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/21530>

Zhen B. (2009). *Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008.* (Tesis Magistral). Recuperado de <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Calidad%20f%C3%ADsico-qu%C3%ADmica%20y%20bateriol%C3%B3gica%20del%20agua%20para%20consumo%20humano%20de%20la%20microcuenca.pdf>

**ANEXOS**

Anexo 01: Matriz de consistencia.

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿Los parámetros físico-químicos y microbiológicos de las aguas crudas del sector Chimu, así como las suministradas por la Planta de Tratamiento de Agua Potable Aziruni, cumplirán los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4 y los Límites Máximos Permisibles de agua para consumo humano?</p>	<p><b>Objetivo General</b></p> <p>Evaluar los parámetros físico-químicos y microbiológicos de las aguas crudas del sector Chimu y las suministradas por la Planta de Tratamiento de Agua Potable Aziruni en función de los Estándares de calidad Ambiental - Categoría 4 y los Límites Máximos Permisibles.</p>	<p><b>Hipótesis General</b></p> <p>Los parámetros físico-químicos y microbiológicos de las aguas del sector Chimu, así como los suministrados por la Planta de Tratamiento de Agua Potable Aziruni, no son muy apropiados de acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4 y los límites Máximos Permisibles de agua para consumo humano.</p>	<p><b>Variable Independiente.</b></p> <p>Agua cruda de análisis del sector Chimu.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pH</li> <li>- Temperatura</li> <li>- Turbidez</li> <li>- Conductividad</li> <li>- Sólidos Totales</li> <li>- Disueltos</li> <li>- Oxígeno disuelto</li> <li>- Cloruros</li> <li>- Sulfato</li> <li>- Dureza total</li> <li>- Alcalinidad</li> <li>- <i>Coliformes totales</i></li> <li>- <i>Coliformes fecales</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>pH</li> <li>°C</li> <li>NTU</li> <li>uS/cm</li> <li>ppm</li> <li>ppm</li> <li>mg/L</li> <li>mg/L</li> <li>mg/L</li> <li>ppm</li> <li>NMP/100 mL</li> <li>NMP/100 mL</li> </ul>
<p><b>Problemas específicos</b></p> <p>¿Las aguas crudas del sector Chimu, tendrán la aptitud necesaria para cumplir los parámetros físico-químicos y microbiológicos de los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4?</p>	<p><b>Objetivos Específicos</b></p> <p>✓ Realizar el análisis físico-químicos y microbiológicos de las aguas crudas del sector Chimu en función de los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4.</p>	<p><b>Hipótesis Específica</b></p> <p>✓ Las aguas crudas del sector Chimu no tienen la aptitud apropiada para cumplir los parámetros físico-químicos y microbiológicos de los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4.</p>	<p><b>Variable Dependiente.</b></p> <p>Agua tratada de análisis de Chacarilla Alta.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- pH</li> <li>- Temperatura</li> <li>- Turbidez</li> <li>- Conductividad</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>pH</li> <li>°C</li> <li>NTU</li> <li>uS/cm</li> </ul>

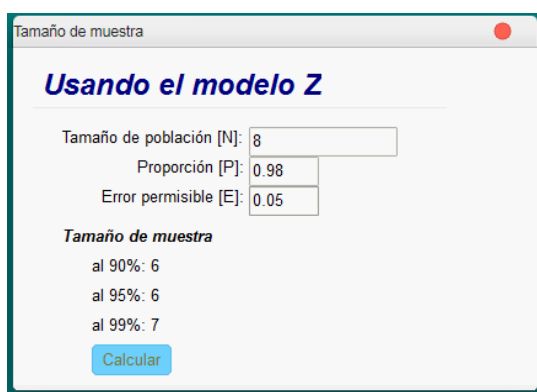
<p>✓ ¿El tratamiento físico – químico y microbiológico de las aguas aplicado por la Planta de Tratamiento de Agua Potable Aziruni será eficiente para cumplir los Límites Máximos Permisibles de agua para consumo humano?</p> <p>✓ ¿Existirá diferencia entre las aguas del sector Chimú y las suministradas por la Planta de tratamiento de Agua Potable Aziruni en cuanto a los parámetros físico-químicos y microbiológicos?</p>	<p>✓ Realizar el análisis físico-químicos y microbiológicos de agua potable suministrada por la Planta de Tratamiento de Agua Potable Aziruni en comparación con los Límites Máximos Permisibles de agua para consumo humano.</p> <p>✓ Determinar la diferencia entre los parámetros físico-químicos y microbiológicos de las aguas del sector Chimú y la Planta de Tratamiento de Agua potable Aziruni, de acuerdo a los resultados obtenidos.</p>	<p>✓ El tratamiento físico-químico y microbiológico de las aguas aplicado por la Planta de Tratamiento de Agua Potable Aziruni, no es muy eficiente para cumplir los Límites Máximos Permisibles de agua para consumo humano.</p> <p>✓ La diferencia entre las aguas del Sector Chimú y las suministradas por la Planta de Tratamiento de Agua Potable en cuanto a los parámetros físico-químicos y microbiológicos analizados no son significativas.</p>	<p>- Sólidos Totales                  - Disueltos                  - Oxígeno disuelto                  - Cloruros                  - Sulfato                  - Dureza total                  - Alcalinidad                  - <i>Coliformes totales</i>                  - <i>Coliformes fecales</i></p>	<p>ppm                  ppm                  mg/L                  mg/L                  mg/L                  ppm                  NMP/100 mL                  NMP/100 mL</p>
--	---	---	---	--

**Anexo 02: Análisis estadístico para la muestra de estudio.**

$$n = \frac{Z_{\alpha/2}^2 P Q N}{Z_{\alpha/2}^2 P Q + (N-1)\epsilon^2} \text{ (Bernal, 2006)}$$

- $Z_T = Z_\alpha = Z_{0.05} = 1.96$
- $P = 98\% = 0,98$
- $Q = 100 - P = 100 - 80\% = 20\% = 0,2$
- $N = 8$
- $\epsilon = 0.05$

Programa MacStat 3



Programa Epidat 4.2

**[1] Muestreo simple aleatorio:**

**Datos:**

Tamaño de la población: 8  
 Tamaño de la muestra: 6

**Número de los sujetos seleccionados:**

1	2	3	5	6	7
---	---	---	---	---	---

Probabilidad de selección: 75,0000%

**[2] Tamaños de muestra. Proporción:**

**Datos:**

Tamaño de la población: 8  
 Proporción esperada: 98,0000%  
 Nivel de confianza: 95,0%  
 Efecto de diseño: 1,0

**Resultados:**

Precisión (%)	Tamaño de la muestra
5,000	7

**[3] Muestreo simple aleatorio:**

**Datos:**

Tamaño de la población: 8

Tamaño de la muestra: 7

**Número de los sujetos seleccionados:**

1	2	3	4	6	7	8
---	---	---	---	---	---	---

Probabilidad de selección: 87,5000%

Programa Ene 3.0

Estimación / La proporción de ocurrencia de determinado evento / Poblaciones finitas

Tamaño de Muestra | Precisión

Parámetro	Valor
Nivel de Confianza ( $\gamma$ )	95,00
Unilateral / Bilateral (c)	2
Proporción Esperada ( $p^*$ )	98,00
Tamaño de la Población en Estudio (N)	8
Precisión ( $\omega$ )	5,00
Porcentaje de abandonos (ab)	0,00

Resultado	Valor
Tamaño de Muestra (n)	7

**Redactado**

Para conseguir una precisión del 5,00% en la estimación de una proporción mediante un intervalo de confianza asintótico Normal con corrección para poblaciones finitas al 95,00% bilateral, asumiendo que la proporción esperada es del 98,00% y que el tamaño total de la población es de 8, será necesario incluir 7 unidades experimentales en el estudio.

Ejemplo | Imprimir... | Borrar todo | Calcular



**Anexo 03: Resultados estadísticos de la diferencia para cada variable.****a. Test para la diferencia: pH****Método**Hipótesis nula  $\sigma$ -cuadrado = 8.26Hipótesis Alternativa  $\sigma$ -cuadrado < 8.26

El método de chi-cuadrado es solo para la distribución normal.

El método Bonett es para cualquier distribución continua.

**Estadísticas**

Variable	N	Desv.Estándar	
Diferencia			
pH	2	0.311	0.0968

**Tests**

Variable	Método	Test Estadístico	DF	P-Valor
pH	Chi-Square	0.01	1	0.086
	Bonett	—	—	0.118

**b. Test para la diferencia: Temperatura****Método**Hipótesis nula  $\sigma$ -cuadrado = 15.303Hipótesis alternativa  $\sigma$ -cuadrado < 15.303

El método de chi-cuadrado es solo para la distribución normal.

El método Bonett es para cualquier distribución continua.

**Estadística**

Variable	N	Desv. Estandar	
Diferencia			
Temperatura	2	0.184	0.0338

**Tests**

Variable	Método	Test Estadístico	DF	P-Valor
Temperatura	Chi-Square	0.00	1	0.037
	Bonett	—	—	0.090

**c. Test para la diferencia: Turbidez****Método**Hipótesis nula  $\sigma$ -cuadrado = 1.387Hipótesis alternativa  $\sigma$ -cuadrado < 1.387

El método de chi-cuadrado es solo para la distribución normal.

El método Bonett es para cualquier distribución continua.

**Estadística**

Variable	N	Desv.Estándar	Diferencia
Turbidez	2	0.259	0.0672

Tests

Variable	Método	Test Estadístico	DF	P-Valor
Turbidez	Chi-Square	0.05	1	0.174
	Bonett	—	—	0.164

**d. Test para la diferencia: Conductividad**

**Método**

Hipótesis nula  $\sigma$ -cuadrado = 1353.8

Hipótesis alterna  $\sigma$ -cuadrado < 1353.8

El método de chi-cuadrado es solo para la distribución normal.

El método Bonett es para cualquier distribución continua.

**Estadística**

Variable	N	Desv.Estándar	Diferencia
Turbidez	2	0.259	0.0672

Tests

Variable	Método	Test Estadístico	DF	P-Valor
Turbidez	Chi-Square	0.05	1	0.174
	Bonett	—	—	0.164

**e. Test para la diferencia: Conductividad**

**Método**

Hipótesis nula  $\sigma$ -cuadrado = 1353.8

Hipótesis alterna  $\sigma$ -cuadrado < 1353.8

El método de chi-cuadrado es solo para la distribución normal.

El método Bonett es para cualquier distribución continua.

**Estadística**

Variable	N	Desv.Estándar	Diferencia
Conduct.	2	60.6	3669

## Tests

Variable	Método	Test Estadístico	DF	P-Valor
Conductividad	Chi-Square	2.71	1	0.900
	Bonett	—	—	0.777

## f. Test para la diferencia: Sólidos totales disueltos

**Método**

Hipótesis nula  $\sigma$ -cuadrado = 675.8

Hipótesis alterna  $\sigma$ -cuadrado < 675.8

El método de chi-cuadrado es solo para la distribución normal.

El método Bonett es para cualquier distribución continua.

**Estadística**

Variable	N	Desv.Estándar
<b>Diferencia</b>		
STD	2	26.2

## Tests

Variable	Método	Test Estadístico	DF	P-Valor
STD	Chi-Square	1.01	1	0.686
	Bonett	—	—	0.503

## g. Test para la diferencia: Oxígeno disuelto

**Método**

Hipótesis nula  $\sigma$ -cuadrado = 13.37

Hipótesis alterna  $\sigma$ -cuadrado < 13.37

El método de chi-cuadrado es solo para la distribución normal.

El método Bonett es para cualquier distribución continua.

**Estadística**

Variable	N	Desv.Estándar
<b>Diferencia</b>		
OD	2	0.705

## Tests

Variable	Método	Test Estadístico	DF	P-Valor
OD	Chi-Square	0.04	1	0.153
	Bonett	—	—	0.153

**h. Test para la diferencia: Cloruros****Método**Hipótesis nula  $\sigma$ -cuadrado = 0.49Hipótesis alterna  $\sigma$ -cuadrado < 0.49

El método de chi-cuadrado es solo para la distribución normal.

El método Bonett es para cualquier distribución continua.

**Estadística**

Variable	N	Desv.Estándar
<b>Diferencia</b>		
Cloruros	2	0.000707

## Tests

Variable	Método	Test Estadístico	DF	P-Valor
Cloruros	Chi-Square	0.00	1	0.001
	Bonett	—	—	0.048

**i. Test para la diferencia: Sulfato****Método**Hipótesis Alterna  $\sigma$ -cuadrado = 345.8Hipótesis alterna  $\sigma$ -cuadrado < 345.8

El método de chi-cuadrado es solo para la distribución normal.

El método Bonett es para cualquier distribución continua.

**Estadística**

Variable	N	Desv.Estándar
<b>Diferencia</b>		
Sulfato	2	24.7

## Tests

Variable	Método	Test Estadístico	DF	P-Valor
Sulfato	Chi-Square	1.77	1	0.817
	Bonett	—	—	0.650

**j. Test para la diferencia: Dureza Total****Método**Hipótesis nula  $\sigma$ -cuadrado = 408.33Hipótesis alterna  $\sigma$ -cuadrado < 408.33

El método de chi-cuadrado es solo para la distribución normal.

El método Bonett es para cualquier distribución continua.

**Estadística**

Variable	N	Desv.Estándar
<b>Diferencia</b>		
Dureza total	2	11.8

## Tests

Variable	Método	Test Estadístico	DF	P-Valor
Dureza Total	Chi-Square	0.34	1	0.440
	Bonett	—	—	0.312

**k. Test para la diferencia: Alcalinidad****Método**

Hipótesis nula  $\sigma$ -cuadrado = 116.67

Hipótesis alterna  $\sigma$ -cuadrado < 116.67

El método de chi-cuadrado es solo para la distribución normal.

El método Bonett es para cualquier distribución continua.

**Estadística**

Variable	N	Desv.Estándar
<b>Diferencia</b>		
Alcalinidad	2	9.43

## Tests

Variable	Método	Test Estadístico	DF	P-Valor
Alcalinidad	Chi-Square	0.76	1	0.617
	Bonett	—	—	0.441

**l. Test para la diferencia: Coliformes totales****Método**

Hipótesis nula  $\sigma$ -cuadrado = 42.2

Hipótesis alterna  $\sigma$ -cuadrado < 42.2

El método de chi-cuadrado es solo para la distribución normal.

El método Bonett es para cualquier distribución continua.

**Estadística**

Variable	N	Desv.Estándar	Diferencia
Coliformes Totales	2	54.9	3016

## Tests

Variable	Método	Test Estadístico	DF	P-Valor
<i>Coliformes totales</i>	Chi-Square	71.47	1	1.000
	Bonett	—	—	1.000

m. Test para la diferencia: *Coliformes fecales***Método**

Hipótesis Nula  $\sigma$ -cuadrado = 1

Hipótesis Alterna  $\sigma$ -cuadrado < 1

El método de chi-cuadrado es solo para la distribución normal.

El método Bonett es para cualquier distribución continua.

**Estadística**

Variable	N	Desv.Estándar
<b>Diferencia</b>		
Coliformes Fecales	2	1.41

## Tests

Variable	Método	Test Estadístico	DF	P-Valor
<i>Coliformes fecales</i>	Chi-Square	2.00	1	0.843
	Bonett	—	—	0.686

**Anexo 04: Límites Máximos Permisibles de Agua para Consumo Humano.**

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICOS**

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Bacterias Coliformes Totales.	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
2. E. Coli	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
3. Bacterias Coliformes Termotolerantes o Fecales.	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
4. Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
5. Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos.	Nº org/L	0
6. Virus	UFC / mL	0
7. Organismos de vida libre, como algas, protozoarios, copépodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estadios evolutivos	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

(\*) En caso de analizar por la técnica del NMP por tubos múltiples = < 1,8 /100 ml

**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA**

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 <sup>-1</sup>	1 000
8. Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	250
9. Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> L <sup>-1</sup>	250
10. Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
11. Amoniac	mg N L <sup>-1</sup>	1,5
12. Hierro	mg Fe L <sup>-1</sup>	0,3
13. Manganeso	mg Mn L <sup>-1</sup>	0,4
14. Aluminio	mg Al L <sup>-1</sup>	0,2
15. Cobre	mg Cu L <sup>-1</sup>	2,0
16. Zinc	mg Zn L <sup>-1</sup>	3,0
17. Sodio	mg Na L <sup>-1</sup>	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Anexo 05: Estándares de Calidad Ambiental Categoría 4.

Categoría 4: Conservación del ambiente acuático

Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
<b>FÍSICOS- QUÍMICOS</b>						
Aceites y Grasas (MEH)	mg/L	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Cianuro Libre	mg/L	0,0052	0,0052	0,0052	0,001	0,001
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	20 (a)	20 (a)	20 (a)	**	**
Clorofila A	mg/L	0,008	**	**	**	**
Conductividad	( $\mu$ S/cm)	1 000	1 000	1 000	**	**
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	5	10	10	15	10
Fenoles	mg/L	2,56	2,56	2,56	5,8	5,8
Fósforo total	mg/L	0,035	0,05	0,05	0,124	0,062
Nitratos (NO <sub>3</sub> ) (c)	mg/L	13	13	13	200	200
Amoníaco Total (NH <sub>3</sub> )	mg/L	(1)	(1)	(1)	(2)	(2)
Nitrógeno Total	mg/L	0,315	**	**	**	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	$\geq$ 5	$\geq$ 5	$\geq$ 5	$\geq$ 4	$\geq$ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,5 a 9,0	6,8 – 8,5	6,8 – 8,5
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	$\leq$ 25	$\leq$ 100	$\leq$ 400	$\leq$ 100	$\leq$ 30
Sulfuros	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
Temperatura	°C	$\Delta$ 3	$\Delta$ 3	$\Delta$ 3	$\Delta$ 2	$\Delta$ 2
<b>INORGÁNICOS</b>						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081
<b>ORGÁNICOS</b>						
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles</b>						
Hidrocarburos Totales de Petróleo	mg/L	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Hexaclorobutadieno	mg/L	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006	0,0006
<b>BTEX</b>						
Benceno	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>						
Benzo(a)Pireno	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Antraceno	mg/L	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004
Fluoranteno	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Bifenilos Policlorados</b>						
Bifenilos Policlorados (PCB)	mg/L	0,000014	0,000014	0,000014	0,00003	0,00003
<b>PLAGUICIDAS</b>						
<b>Organofosforados</b>						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Paratión	mg/L	0,000013	0,000013	0,000013	**	**
<b>Organoclorados</b>						
Aldrín	mg/L	0,000004	0,000004	0,000004	**	**
Clordano	mg/L	0,0000043	0,0000043	0,0000043	0,000004	0,000004
DDT (Suma de 4,4'-DDD y 4,4'-DDE)	mg/L	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001	0,000001
Dieldrín	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000019	0,0000019
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	0,000056	0,0000087	0,0000087
Endrin	mg/L	0,000036	0,000036	0,000036	0,0000023	0,0000023
Heptacloro	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036



Parámetros	Unidad de medida	E1: Lagunas y lagos	E2: Ríos		E3: Ecosistemas costeros y marinos	
			Costa y sierra	Selva	Estuarios	Marinos
Heptacloro Epóxido	mg/L	0,0000038	0,0000038	0,0000038	0,0000036	0,0000036
Lindano	mg/L	0,00095	0,00095	0,00095	**	**
Pentaclorofenol (PCP)	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
<b>Carbamato</b>						
Aldicarb	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,00015	0,00015
<b>MICROBIOLÓGICO</b>						
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	2 000	1 000	2 000

- (a) 100 (para aguas claras). Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).
  - (b) Después de la filtración simple.
  - (c) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Nitratos-N ( $\text{NO}_3\text{-N}$ ), multiplicar el resultado por el factor 4.43 para expresarlo en las unidades de Nitratos ( $\text{NO}_3$ ).
- Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Anexo 06: Cadena de custodia Junio.

CADENA DE CUSTODIA - AGUAS

CLIENTE : Jimmy Antony Turpo Gándau  
 PERSONA DE CONTACTO : Jimmy Antony Turpo Gándau  
 CORREO / TELEFONO : jimmyantonyt@gmail.com / 958243553  
 PROCEDENCIA : Puno

Hoja N° 01 de 03

Parámetros de Análisis en el Laboratorio		
Ítem	Unidad	Resultado
3.65	Calcifos (mg/l)	365
3.90	Carbono Total (mg/l)	390
1.2	Alcalinidad (ppm)	12
680	STD (ppm)	680
±	Calcifos Total (mg/l)	±
0	Calcifos Total (mg/l)	0

N°	PARAMETROS DE CAMPO		PARAMETROS DE CAMPO		Observación de Campo (COLOR, OLOR, CUERPOS EXPANSOS, OTROS PARAMETROS IN SITU, ODF, MVEIC)
	pH	Temperatura (°C)	Conductividad (µmhos/cm)	Temperatura (°C)	
14.5	8.5	14.8	1380	0.05	1.87
13.6	8.1	15.1	1210	0.05	1.13

DESCRIPCION DE LA MUESTRA				Cantidad de Envases	Altitud (metros) (UTM, WGS84)	Referencia (UTM WGS84)
Identificación de la muestra	Fecha	Hora	Código de Laboratorio			
Chimbo 01	15/06/17	16:27	CI-01 F.O.B	2	5386	E 397167 N 8247128
Chocanilla 02	15/06/17	17:36	CA-02 F.O.B	2	2892	E 390281 N 8247605

Total de Envases: 04

OBSERVACIONES:

Firma del responsable del muestreo  
 Nombre: Jimmy A. Turpo Gándau  
 Fecha: 13/06/17

EQUIPOS EMPLEADOS:

Equipos	Modelo	Serie	Cód. Int.
Medidor de Oxígeno Disueltos	Hanna- HI9142		
Turbidímetro	Hanna- HI9142		



Firma de Recepción de Muestras  
 Nombre: Beethy Huacata Vilca  
 Fecha: 13/06/17 Hora: 18:00 pm

Anexo 07: Cadena de custodia Agosto.

CADENA DE CUSTODIA - AGUAS

CLIENTE : Jimmy A. Turpo Condori  
PERSONA DE CONTACTO : Jimmy A. Turpo Condori  
CORREO/TELEFONO : jimmyturpocondori@gmail.com : 8116

Hoja N° 02 de 03

Parámetros de Análisis en el Laboratorio

IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA	MUESTRO FECHA HORA	CODIGO DE LABORATORIO	TIPO DE MUESTRA	GEOREFERENCIA (UTM WGS84)	ALTITUD (m s.n.m.) ZONA (17, 18, 19)	CANTIDAD DE ENVASES	PARÁMETROS DE CAMPO				OBSERVACION DE CAMPO (COLOR, OLOR, CIERROS EXTRAÑOS, OTROS PARÁMETROS EN SITIO, OMP (pH, etc))			
							pH	OD (mg/l)	OD (ppm)	Conductividad (µs/cm)		Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	Capacidad (l / m³)
Chacabilla 02	01/08/17 12:57	CI-01	F, A, B	E 897167 N 824428	195 3216	02	14.2	8.14	1380	0.05	2.1	-		
	01/08/17 13:42	CI-02	F, A, B	E 890281 N 8244603	145 3842	02	15.1	7.93	1323	0.018	1.64	-		
Total de Envases:							04							

Caída de Sulfato (mg/l)	Caída de STD (ppm)	Calciformes Totales (mg/l)	Calciformes Totales (µg/l)	Dureza Total (mg/l)	Cloruros (mg/l)
330	693	0	3	1110	0.048
330	693	0	3	1110	0.048

EQUIPOS EMPLEADOS:

Equipos	Modelo	Serie	Col. Inv.
Potentiometro	Hanna		
Fuente de Luz	Hanna		
Medidas de Osmos	odm-01		



Firma de Recepción de Muestras  
Nombre: \_\_\_\_\_  
Fecha: 01/08/17 Hora: 15:00

OBSERVACIONES:


Firma del responsable del muestreo  
Nombre: Jimmy A. Turpo Condori  
Fecha: 01/08/17

Anexo 08: Cadena de custodia Septiembre.

CADENA DE CUSTODIA - AGUAS

CLIENTE : Jimmy A. Turpo Candón  
 PERSONA DE CONTACTO : Jimmy A. Turpo Candón  
 CORREO / TELEFONO : jimmyturpocandon@gmail.com / 982243553  
 PROCEDENCIA : Puno

Hoja N° 03 de 03

Parámetros de Análisis en el Laboratorio

Sulfatos (mg/L)	385
Cloruros (mg/L)	420
Alcalinidad (ppm)	10
STC (ppm)	670
Cadmio (mg/L)	0
Cobaltos (mg/L)	0

CADE

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	MUESTREO		DESCRIPCION DE LA MUESTRA			ALTIMUD (m.s.n.m)	CANTIDAD EN ENVASES	OBSERVACION DE CAMPO		
	FECHA	HORA	Código de Laboratorio	TIPO DE MUESTRA	GEOREFERENCIA (UTM WGS84)					
Chavillo 01	08/09/17	10:40	C1-01	F.O.B	E 357 767 N 224428	3816	02	pH 8.8 OD 14.5 Cond (µS/cm) 1450 Tem (°C) 13.4		
Chavillo 02	08/09/17	11:30	CD-02	F.O.B	E 390 281 N 2247605	3892	02	pH 8.1 OD 14 Cond (µS/cm) 1370 Tem (°C) 13.79		
Total de Envases:							04			

EQUIPOS EMPLEADOS:

Equipos	Modelo	Serie	Cod. Int.
Plataforma	Hanna		
Termostato	Hiwa		
Flujómetro	Hanna		
Medida de O <sub>2</sub>	Hanna		

OBSERVACIONES:

---

Firma del responsable del muestreo  
 Nombre: Jimmy A. Turpo Candón  
 Fecha: 08/09/17

Firma de Recepción de Muestras  
 Nombre: \_\_\_\_\_  
 Fecha: 06/09/17 Hora: 12:00 am

RESPONSABLE DE RECIBIR MUESTRAS  
 VOTO

Anexo 09: Resultados de laboratorio Junio.



# LABORATORIO DE ENSAYO DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA "SAN CARLOS" SAC

## INFORME DE ENSAYO

UPSC 01-2017

### HOJA DE DATOS

Solicitante: **JIMMY TURPO CONDORI**

Dirección legal:

Atención: **JIMMY TURPO CONDORI**

Proyecto: **Evaluación de Parámetros Físico – Químicos y Microbiológicos del Agua potable de la Planta de tratamiento de agua potable Aziruni, Puno 2017.**

Numero de muestra: **02**

Toma de muestras realizado por: **Personal de laboratorio**

Cantidad y descripción de la Muestra: **02 Frasco de Polietileno de 1000ml, 02 Frasco Estéril de vidrio de 1000ml.**

Registro de Muestreo: **01-2017**

Fecha de recepción: **13/06/2017**

Fecha de ensayo: **14/06/2017**

Fecha de Emisión: **21/06/2017**

Nombre de la muestra	Tipo de la muestra	Lugar de muestreo	Coordenadas UTM Este/Norte	Fecha de inicio de muestreo	Hora de inicio de muestreo
CHIMU 01	Agua natural de lago	CHIMU /PUNO / PUNO/PUNO	397167, 8247428 COTA 3816	13/06/2017	16.27 p.m
CHACARILLA02	Agua tratada – Reservoirio chacarilla alta	CHACARILLA /PUNO/PUNO/PUNO	390281 , 8 8247605 COTA 3892	13/06/2017	17.36 p.m

*Beatriz Vilca*  
**Beatriz Vilca**  
 Ingeniero C  
 Clif. N° 111111



# LABORATORIO DE ENSAYO DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA "SAN CARLOS" SAC

## INFORME DE ENSAYO UPSC 01-2017

### HOJA DE RESULTADOS FISICO QUIMICO

21/06/2017

NOMBRE DE LA MUESTRA	ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO
CHIMU 01	PH	-	8.5
	TEMPERATURA	°C	14.5
	TURBIDEZ	NTU	1.27
	CONDUCTIVIDAD	us/cm	1380
	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	ppm	680
	OD	ppm	14.8
	CLORUROS	mg Cl /L	0.05
	SULFATOS	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L	365
	DUREZA TOTAL	mg CaCO <sub>3</sub> /L	400
	ALCALINIDAD	ppm	140

#### Métodos de Referencia

- Ph Electrometric Method
- Color Stándar Method for the examination of wáter and Wastewater APHA AWWA WEF 21 th Edition Part 2120 Pag 2-2 Color : Visual Comparison Method
- Turbidez 2012 Stándar Method for the examination of wáter and Wastewater 22ND EDITION Part 2130 Turbidity & Nephelometric Method Pag 2-13 22ND EDITION
- Part 2340 Hardness C EDTA Titrimetric Method Pag 2-44
- Conductividad 2012 Stándar Method for the examination of wáter and Wastewater 22ND EDITION, Conductivity Part 2510 B Laboratory Method Pag. 2-54
- Cloruros 2012 Stándar Method for the examination of wáter and Wastewater 22ND EDITION Part 4500 - Cl Chloride B Argentometric MÈthod Pag. 4-72
- Sulfatos 2012 Stándar Method for the examination of wáter and Wastewater 22ND EDITION Part 4500 - Sulfate E. Rturbimetric Method 4- 190
- Dureza 2012 Stándar Method for the examination of wáter and Wastewater 22ND EDITION Part 2340 Harness C. EDTA Titrimetric Method Pag. 2-44
- Solidos Totales Disueltos 2012 Stándar Method for the examination of wáter and Wastewater 22ND EDITION Part 2540 B Total Dissolved Solids Dried at 180°C Pag 2-65

*Beatriz H. Vera Vilca*  
Ingeniero Químico  
CIP. 144041

Informes Jr. Conde de Lemos N° 128 Telf. (051) 352884 Puno - Peru

www.upsc.edu.pe



# LABORATORIO DE ENSAYO DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA "SAN CARLOS" SAC

## INFORME DE ENSAYO UPSC 01-2017

### HOJA DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS 21/06/2017

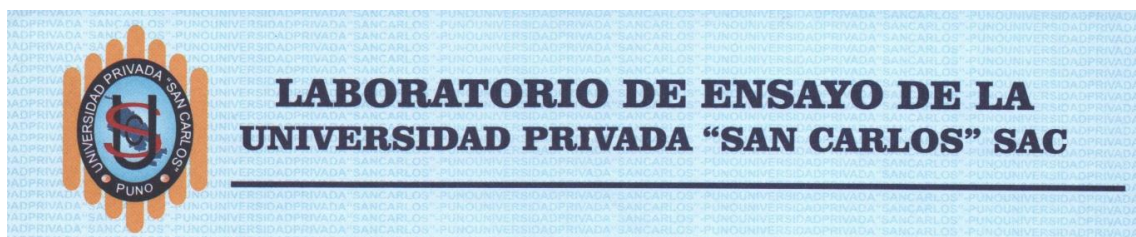
NOMBRE DE LA MUESTRA	ENSAYO	UNIDAD	LIMITE DE DETECCION DEL METODO	RESULTADO
CHIMU 01	COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	3	93
	COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	< 3	< 3

#### Métodos de referencias:

- Coliformes totales SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E(1) 22nd Ed.(2012)
- Coliformes fecales SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B 22nd Ed.(2012)

*Beatriz Huancacha*  
 Ingeniero Químico  
 CIP. 144041

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del sistema de calidad en la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.



# LABORATORIO DE ENSAYO DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA "SAN CARLOS" SAC

## INFORME DE ENSAYO

UPSC 02-2017

### HOJA DE RESULTADOS FISCO QUIMICO

21/06/2017

NOMBRE DE LA MUESTRA	ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO
CHACARILLA 02	PH		8.1
	TEMPERATURA	°C	13.6
	TURBIDEZ	NTU	1.18
	CONDUCTIVIDAD	us/cm	1210
	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	ppm	610
	OD	ppm	15.1
	CLORUROS	mg Cl/L	0.05
	SULFATOS	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L	355
	DUREZA TOTAL	mg CaCO <sub>3</sub> /L	390
	ALCALINIDAD	ppm	120

### Métodos de Referencia

- Ph Electrometric Method
- Color Standar Method for the examination of water and Wastewater APHA AWWA WEF 21 th Edition Part 2120 Pag 2-2 Color ; Visual Comparison Method
- Turbidez 2012 Standar Method for the examination of water and Wastewater 22ND EDITION Part 2130 Turbidity B Nephelometric Method Pag 2-13 22ND EDITION
- Part 2340 Hardness C EDTA Titrimetric Method Pag 2-44
- Conductividad 2012 Standar Method for the examination of water and Wastewater 22ND EDITION. Conductivity Part 2510 B Laboratory Method Pag. 2-54
- Cloruros 2012 Standar Method for the examination of water and Wastewater 22ND EDITION Part 4500 - Cl Chloride B Argentometric Method Pag. 4-72
- Sulfatos 2012 Standar Method for the examination of water and Wastewater 22ND EDITION Part 4500 - Sulfate E. Rturibimetric Method 4-190
- Dureza Total Standar Method for the examination of water and Wastewater 22ND EDITION Part 2340 Harness C. EDTA Titrimetric Method Pag. 2-44
- Solidos Totales Disueltos 2012 Standar Method for the examination of water and Wastewater 22ND EDITION Part 2540 B Total Dissolved Solids Dried at 180°C Pag 2-65

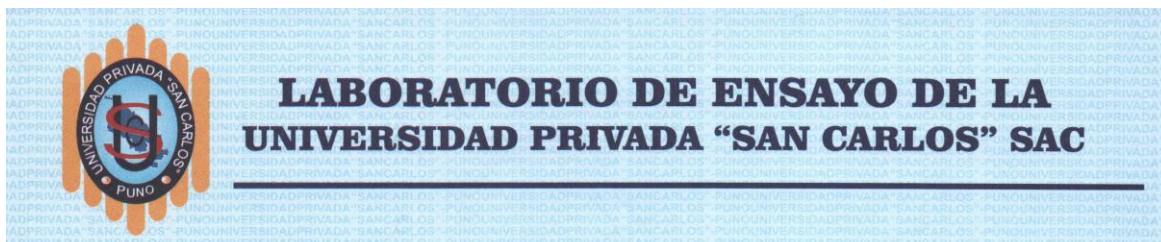
*Beatriz*  
**Beatriz Huidobro Vilca**  
 Ingeniero Químico  
 CIP. 144041

Informes Jr. Conde de Lemos N° 128 Telf. (051) 352884 Puno - Peru

www.upsc.edu.pe







# LABORATORIO DE ENSAYO DE LA UNIVERSIDAD PRIVADA "SAN CARLOS" SAC

## INFORME DE ENSAYO UPSC 02-2017

### HOJA DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

21/06/2017

NOMBRE DE LA MUESTRA	ENSAYO	UNIDAD	LIMITE DE DETECCION DEL METODO	RESULTADO
CHACARILLA 02	COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	3	7
	COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	< 3	< 3

#### Métodos de referencias:

- Coliformes totales SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E(1) 22nd Ed.(2012)
- Coliformes fecales SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B 22nd Ed.(2012)

*[Handwritten Signature]*  
 Ing. Milica  
 CLP. 14041

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del sistema de calidad en la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

Anexo 10: Resultados de laboratorio Agosto.



LABORATORIO DE ENSAYO ANALÍTICO

INFORME DE ENSAYO LAFYM-SUR 01-2017

HOJA DE DATOS

Solicitante: JIMMY TURPO CONDORI

Dirección legal:

Atención: JIMMY TURPO CONDORI

Proyecto: Evaluación de Parámetros Físico – Químicos y Microbiológicos del Agua potable de la Planta de tratamiento de agua potable Aziruni, Puno 2017

Numero de muestra: 02

Toma de muestras realizado por: Personal de laboratorio

Cantidad y descripción de la Muestra: 02 Frasco de Polietileno de 1000ml, 02 Frasco Estéril de vidrio de 1000ml.

Registro de Muestreo: 01-2017

Fecha de recepción: 01/08/2017

Fecha de ensayo: 02/08/2017

Fecha de Emisión: 09/08/2017

Table with 6 columns: Nombre de la muestra, Tipo de la muestra, Lugar de muestreo, Coordenadas UTM Este/Norte, Fecha de inicio de muestreo, Hora de inicio de muestreo. Rows include CHIMU 01 and CHACARILLO 2.

Handwritten signature of Ing. Francisco Albarracín Herrera D. Sc.

Ing. Francisco Albarracín Herrera D. Sc. Ex-Proesor Principal a D.E. UNA - PUNO

JR: MANUEL ACOSTA N° 295-BARRRIO VILLA PAXA -PUNO - PERÚ TELF: 949-601393 - E-mail: lafymlab@gmail.com



LAFYM-SUR

Laboratorio Físico-Químico y Microbiológico

LABORATORIO DE ENSAYO ANALÍTICO

INFORME DE ENSAYO

LAFYM - SUR 01-2017

HOJA DE RESULTADOS FISICO QUIMICO

09/08/2017

NOMBRE DE LA MUESTRA	ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO
CHIMU 01	PH	-	8.14
	TEMPERATURA	°C	14.12
	TURBIDEZ	NTU	2.1
	CONDUCTIVIDAD	us/cm	1380
	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	ppm	693
	OD	ppm	12.3
	CLORUROS	mg Cl/L	0.05
	SULFATOS	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L	330
	DUREZA TOTAL	mg CaCO <sub>3</sub> /L	430
	ALCALINIDAD	ppm	120

Métodos de Referencia

- Ph Electrometric Method
- Color Stándar Method for the examination of wáter and Wastewater APHA AWWA WEF 21 th Edition Part 2120 Pag 2-2 Color : Visual Comparison Method
- Turbidez 2012 Stándar Method for the examination of wáter and Wastewater 22ND EDITION Part 2130 Turbidity B Nephelometric Method Pag 2-13 22ND EDITION
- Part 2340 Hardness C EDTA Titrmetric Method Pag 2-44
- Conductividad 2012 Stándar Method for the examination of wáter and Wastewater 22ND EDITION. Conductivity Part 2510 B Laboratory Method Pag. 2-54
- Cloruros 2012 Stándar Method for the examination of wáter and Wastewater 22ND EDITION Part 4500 -Cl Chloride B Argentometric Method Pag. 4-72
- Sulfatos 2012 Stándar Method for the examination of wáter and Wastewater 22ND EDITION Part 4500 -Sulfate E. Rtrubimetric Method 4- 190
- Dureza 2012 Stándar Method for the examination of wáter and Wastewater 22ND EDITION Part 2340 Harness C. EDTA Titrmetric Method Pag. 2-44
- Solidos Totales Disueltos 2012 Stándar Method for the examination of wáter and Wastewater 22ND EDITION Part 2540 B Total Dissolved Solids Dried at 180°C Pag 2-65

Ing. Francisco Albarracín Herrera D. Sc.  
 Ex-Profesor Principal a D.E.  
 UNA - PUNO

JR: MANUEL ACOSTA N° 295-BARRRIO VILLA PAXA - PUNO - PERÚ  
 TELF: 949-601393 - E-mail: lafymlab@gmail.com



**LAFYM-SUR**  
Laboratorio Físico-Químico y Microbiológico

**LABORATORIO DE ENSAYO ANALÍTICO**

**INFORME DE ENSAYO**

**LAFYM - SUR 01-2017**

**HOJA DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS**

**09/08/2017**

NOMBRE DE LA MUESTRA	ENSAYO	UNIDAD	LIMITE DE DETECCION DEL METODO	RESULTADO
CHIMU 01	COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	3	75
CHIMU 01	COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	< 3	3

**Métodos de referencias:**

- Coliformes totales SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E(1) 22nd Ed.(2012)
- Coliformes fecales SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B 22nd Ed.(2012)

*(Firma manuscrita)*

**Ing. Francisco Albaracín Herrera D. Sc.**  
Ex-Profesor Principal a D.E.  
UNA - PUNO

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del sistema de calidad en la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio LAFYM-SUR. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

**JR: MANUEL ACOSTA N° 295-BARRRIO VILLA PAXA - PUNO - PERÚ**  
TEL.F: 949-601393 - E-mail: lafymlab@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYO ANALÍTICO

INFORME DE ENSAYO

LAFYM SUR 02-2017

HOJA DE RESULTADOS FISICO QUIMICO

09/08/2017

NOMBRE DE LA MUESTRA	ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO
CHACARILLA 02	PH	-	7.93
	TEMPERATURA	°C	15.1
	TURBIDEZ	NTU	1.64
	CONDUCTIVIDAD	us/cm	1383
	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	ppm	692
	OD	ppm	9.51
	CLORUROS	mg Cl/L	0.048
	SULFATOS	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L	280
	DUREZA TOTAL	mg CaCO <sub>3</sub> /L	410
	ALCALINIDAD	ppm	110

Métodos de Referencia

- Ph Electrometric Method
- Color Stándar Method for the examination of wáter and Wastewater APHA AWWA WEF 21 th Edition Part 2120 Pag 2-2 Color : Visual Comparison Method
- Turbidez 2012 Stándar Method for the examination of wáter and Wastewater 22ND EDITION Part 2130 Turbidity B Nephelometric Method Pag 2-13 22ND EDITION
- Parg 2340 Hardness C EDTA Titrimetric Method Pag 2-44
- Conductividad 2012 Stándar Method for the examination of wáter and Wastewater 22ND EDITION. Conductivity Part 2510 B Laboratory Method Pag. 2-54
- Cloruros 2012 Stándar Method for the examination of wáter and Wastewater 22ND EDITION Part 4500 - Sulfate E. Rturibimetric Method 4- 190
- Sulfatos 2012 Stándar Method for the examination of wáter and Wastewater 22ND EDITION Part 4500 - Cloride B Argentometric Method Pag. 4-72
- Dureza 2012 Stándar Method for the examination of wáter and Wastewater 22ND EDITION Part 2340 Harness C. EDTA Titrimetric Method Pag. 2-44
- Solidos Totaes Disueltos 2012 Stándar Method for the examination of wáter and Wastewater 22ND EDITION Part 2540 B Total Dissolved Solids Dried at 180°C Pag 2-65

Ing. Francisco Albarracín Herrera D. Sc. Ex-Profesor Principal a D.E. UNA PUNO

JR: MANUEL ACOSTA N° 295-BARRRIO VILLA PAXA -PUNO - PERÚ TELF: 949-601393 - E-mail: lafymlab@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYO ANALÍTICO

INFORME DE ENSAYO

LAFYM - SUR 02-2017

HOJA DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS

09/08/2017

NOMBRE DE LA MUESTRA	ENSAYO	UNIDAD	LIMITE DE DETECCION DEL METODO	RESULTADO
CHACARRILLA 02	COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	3	3
	COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	< 3	< 3

Métodos de referencias:

- Coliformes totales SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E(1) 22nd Ed.(2012)
- Coliformes fecales SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B 22nd Ed.(2012)

*Francisco Albarra*  
 Ing. Francisco Albarra Herrera D. Sc.  
 Ex-Profesor Principal a D.E.  
 UNA - PUNO

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del sistema de calidad en la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio LAFYM-SUR. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

JR: MANUEL ACOSTA N° 295-BARRIO VILLA PAXA -PUNO - PERÚ  
 TELF: 949-601393 - E-mail: lafymlab@gmail.com

Anexo 11: Resultados de laboratorio Septiembre.



LABORATORIO DE ENSAYO ANALÍTICO

INFORME DE ENSAYO LAFYM-SUR 02-2017

HOJA DE DATOS

Solicitante: JIMMY TURPO CONDORI

Dirección legal:

Atención: JIMMY TURPO CONDORI

Proyecto: Evaluación de Parámetros Físico – Químicos y Microbiológicos del Agua potable de la Planta de tratamiento de agua potable Aziruni, Puno 2017

Numero de muestra: 02

Toma de muestras realizado por: Personal de laboratorio

Cantidad y descripción de la Muestra: 02 Frasco de Polietileno de 1000ml, 02 Frasco Estéril de vidrio de 1000ml.

Registro de Muestreo: 02-2017

Fecha de recepción: 06/09/2017

Fecha de ensayo: 07/09/2017

Fecha de Emisión: 14/09/2017

Table with 6 columns: Nombre de la muestra, Tipo de la muestra, Lugar de muestreo, Coordenadas UTM Este/Norte, Fecha de inicio de muestreo, Hora de inicio de muestreo. Rows include CHIMU 01 and CHACARILLA02.

Signature of Ing. Francisco Albarracín Herrera D. Sc. Ex-Profesor Principal a D.E. UNA - PUNO

JR: MANUEL ACOSTA N° 295-BARRRIO VILLA PAXA - PUNO - PERÚ TELF: 949-601393 - E-mail: lafymlab@gmail.com



LABORATORIO DE ENSAYO ANALÍTICO

INFORME DE ENSAYO

LAFYM - SUR 01-2017

HOJA DE RESULTADOS FISICO QUIMICO

14/09/2017

Table with 4 columns: NOMBRE DE LA MUESTRA, ENSAYO, UNIDAD, RESULTADO. Includes data for PH (8.8), TEMPERATURA (16.9), TURBIDEZ (1.34), CONDUCTIVIDAD (1430), SOLIDOS TOTALES DISUELTOS (710), OD (14.5), CLORUROS (0.047), SULFATOS (395), DUREZA TOTAL (420), and ALCALINIDAD (110).

Métodos de Referencia

- List of reference methods including Ph Electrometric Method, Color Stándar Method for the examination of water and Wastewater APHA AWWA WEF 21 th Edition, Turbidez 2012 Stándar Method, Part 2340 Hardness C EDTA Titrimetric Method, Conductividad 2012 Stándar Method, Cloruros 2012 Stándar Method, Sulfatos 2012 Stándar Method, Dureza 2012 Stándar Method, and Solidos Totales Disueltos 2012 Stándar Method.

Signature of Ing. Francisco Albaracín Herrera D. Sc. Ex-Profesor Principal a D.E. UNA - PUNO

JR: MANUEL ACOSTA N° 295-BARRRIO VILLA PAXA -PUNO - PERÚ
TELF: 949-601393 - E-mail: lafymlab@gmail.com





**LAFYM-SUR**  
Laboratorio Físico-Químico y Microbiológico

**LABORATORIO DE ENSAYO ANALÍTICO**

**INFORME DE ENSAYO**

**LAFYM - SUR 01-2017**

**HOJA DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS**

14/09/2017

NOMBRE DE LA MUESTRA	ENSAYO	UNIDAD	LIMITE DE DETECCION DEL METODO	RESULTADO
CHIMU 01	COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	3	75
	COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	3	3

**Métodos de referencias:**

Coliformes totales SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E(1) 22nd Ed.(2012)

Coliformes fecales SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B 22nd Ed.(2012)

**Ing. Francisco Albaracín Herrera D. Sc.**  
 Ex-Profesor Principal a D.E.  
 UNA-PUNO

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del sistema de calidad en la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio LAFYM-SUR. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

JR: MANUEL ACOSTA N° 295-BARRIO VILLA PAXA -PUNO - PERÚ  
 TELF: 949-601393 - E-mail: lafymlab@gmail.com



**LAFYM-SUR**  
Laboratorio Físico-Químico y Microbiológico

**LABORATORIO DE ENSAYO ANALÍTICO**

**INFORME DE ENSAYO**  
**LAFYM SUR 02-2017**

**HOJA DE RESULTADOS FISICO QUIMICO**

14/09/2017

NOMBRE DE LA MUESTRA	ENSAYO	UNIDAD	RESULTADO
CHACARILLA 02	PH	-	8.1
	TEMPERATURA	°C	17.6
	TURBIDEZ	NTU	0.79
	CONDUCTIVIDAD	us/cm	1340
	SOLIDOS TOTALES DISUELTOS	ppm	670
	OD	ppm	14
	CLORUROS	mg Cl/L	0.046
	SULFATOS	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /L	350
	DUREZA TOTAL	mg CaCO <sub>3</sub> /L	400
ALCALINIDAD	ppm	100	

**Métodos de Referencia**

- Ph Electrometric Method
- Color Stándar Method for the examination of water and Wastewater APHA AWWA WEF 21 th Edition Part 2120 Pag 2-2 Color : Visual Comparison Method
- Turbidez 2012 Stándar Method for the examination of water and Wastewater 22ND EDITION Part 2130 Turbidity B Nephelometric Method Pag 2-13 22ND EDITION
- Part 2340 Hardness C EDTA Titrimetric Method Pag 4-44
- Conductividad 2012 Stándar Method for the examination of water and Wastewater 22ND EDITION. Conductivity Part 2510 B Laboratory Method Pag. 2-54
- Cloruros 2012 Stándar Method for the examination of water and Wastewater 22ND EDITION Part 4500 - Cl Chloride B Argentometric Method Pag. 4-72
- Sulfatos 2012 Stándar Method for the examination of water and Wastewater 22ND EDITION Part 4500 - Sulfate E. Rturbimetric Method 4- 190
- Dureza 2012 Stándar Method for the examination of water and Wastewater 22ND EDITION Part 2340 Harness C. EDTA Titrimetric Method Pag. 2-44
- Solidos Totales Disueltos 2012 Stándar Method for the examination of water and Wastewater 22ND EDITION Part 2540 B Total Dissolved Solids Dried at 180°C Pag 2-65

*Francisco Albarracín*

Ing. Francisco Albarracín Herrera D. Sc.  
Ex-Profesor Principal a D.S.  
UNA - PUNO

JR: MANUEL ACOSTA N° 295-BARRIO VILLA PAXA - PUNO - PERU  
TELF: 949-601393 - E-mail: lafymlab@gmail.com



**LAFYM-SUR**  
Laboratorio Físico-Químico y Microbiológico

**LABORATORIO DE ENSAYO ANALÍTICO**

**INFORME DE ENSAYO**

**LAFYM - SUR 02-2017**


**HOJA DE RESULTADOS MICROBIOLÓGICOS**

**14/09/2017**

NOMBRE DE LA MUESTRA	ENSAYO	UNIDAD	LÍMITE DE DETECCIÓN DEL METODO	RESULTADO
CHACARILLA 02	COLIFORMES TOTALES	NMP/100ml	< 3	< 3
	COLIFORMES FECALES	NMP/100ml	< 3	< 3

**Métodos de referencias:**

- Coliformes totales SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 E(1) 22nd Ed.(2012)
- Coliformes fecales SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B 22nd Ed.(2012)

  
**Ing. Francisco Albarraín Herrera D. Sc.**  
 Ex-Profesor Principal a D.E.  
 UNA - PUNO

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del sistema de calidad en la entidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido total o parcialmente sin la autorización por escrito del laboratorio LAFYM-SUR. Los resultados solo se refieren a los ítems ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.

**JR: MANUEL ACOSTA N° 295-BARRRIO VILLA PAXA - PUNO - PERÚ**  
 TELF: 949-601393 - E-mail: lafymlab@gmail.com

Anexo 12: Registró fotográfico de toma de muestras en Chimú.



Figura 15: Planta de bombeo de agua potable.



Figura 16: Mediciones con el Medidor de Oxígeno in situ.



Figura 17: Medición de la turbidez con el turbidímetro in situ.



Figura 18: Análisis del agua con el Multiparámetro, ejecutado por el encargado de laboratorio.



Figura 19: Muestra de agua para análisis microbiológico.

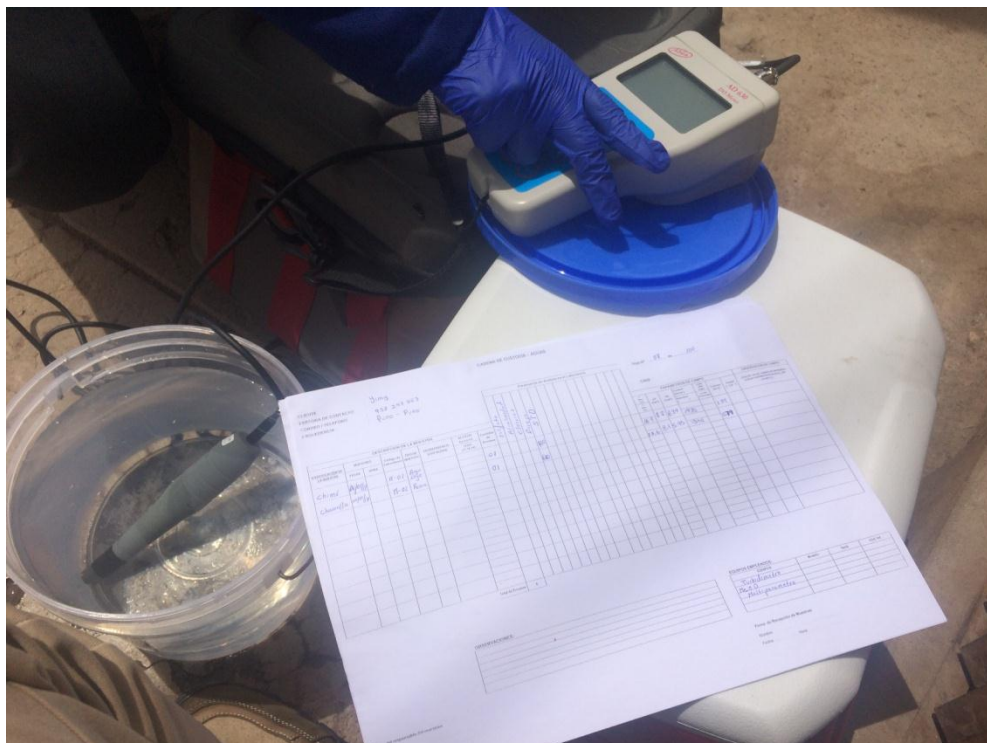


Figura 20: Llenado de la cadena de custodia.

**Anexo 13: Registró fotográfico de toma de muestras en Chacarilla.**

Figura 21: Toma de muestras en domicilio ubicado en Chacarilla Alta

**Anexo 14: Registró fotográfico de análisis en el Laboratorio.**

Figura 22: Esterilización de frascos para muestras microbiológicas.



Figura 23: Muestras tomadas para análisis físico-químico y microbiológico.



Figura 24: Aplicación de la metodología de tubos múltiples para obtención de coliformes totales y coliformes fecales.





Figura 25: Proceso de análisis físico-químico de las muestras de agua.



Figura 26: Viraje después de la aplicación de reactivos en las muestras de agua.

Anexo 15: Ubicación del punto de muestra Chacarilla Alta.

**IGNACIO FRISANCHO Puno, Perú**  
 Decimales: -15.8476155 -70.0240593  
 Sexagesimales: 15° 50' 51.42" S 70° 1' 26.61" W

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS – PUNO**  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS  
 CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA POTABLE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO AZIRUNI, PUNO - 2017”

**LEGENDA**  
 Punto de Muestra Aziruni (PMA)  
 Reservorio Apoyado RA - 03 Chacarilla Alta 2500 m3

**UTM (WGS84)**  
 X : 390346.63 Huso : 19  
 Y : 8247652.81 Hemisferio : Sur

Anexo 16: Ubicación del punto de muestra Chimú.

**3S 6, Perú**  
 Decimales: -15.850526 -69.9612956  
 Sexagesimales: 15° 51' 1.89" S 69° 57' 40.66" W

**UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS – PUNO**  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS  
 CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“EVALUACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA POTABLE DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO AZIRUNI, PUNO - 2017”

**LEGENDA**  
 Punto de Muestra Chimú (PMC)  
 Captación Chimú

**UTM (WGS84)**  
 X : 397069.22 Huso : 19  
 Y : 8247362.63 Hemisferio : Sur

Anexo 17: Área de influencia del proyecto de tesis.

