

**UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN**  
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



*Una Institución Adventista*

**Remoción de fósforo total con cal artesanal en aguas de la bahía  
Sur del lago Titicaca de Puno**

Por:

Yoel Edson Huanca Coila

Flor Flores Paja

Asesor:

MSc. Rose Adeline Callata Chura

Juliaca, agosto del 2020

# DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Yo MSc. Rose Adeline Callata Chura, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

## **DECLARO:**

Que el presente informe de investigación titulado: “REMOCIÓN DE FÓSFORO TOTAL CON CAL ARTESANAL EN AGUAS DE LA BAHÍA SUR DEL LAGO TITICACA DE PUNO” constituye la memoria que presenta los estudiantes Yoel Edson Huanca Coila y Flor Flores Paja para aspirar al grado de bachiller en Ingeniería Ambiental, ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 06 días del mes de agosto del año 2020.



---

MSc. Rose Adeline Callata  
Chura  
Asesor

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 06 día(s) del mes de agosto del año 2020 siendo las 11:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a) Ing. Juan Eduardo Vigo Rivera secretario(a) Msc. Pael Lalla Lalla y los demás miembros Msc. Mateo Satinas Mena y el(la) asesor(a) Msc. Rose Adeline Gallata Chuxa

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación del trabajo de investigación titulado: Remoción de fósforo total con cal artesanal en aguas de la bahía Sur del Lago Titicaca de Puno

de los (las) egresados (as): a) Yoel Edson Huanca Coila  
b) Elor Flores Paja

conducente a la obtención del grado académico de Bachiller en

Ingeniería Ambiental  
(Denominación del Grado Académico de Bachiller)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando a los candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por los candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato/a (a) Yoel Edson Huanca Coila

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

Candidato/a (b) Elor Flores Paja

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Bueno</u>	<u>Muy Bueno</u>

(\*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó a los candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

\_\_\_\_\_  
Presidente/a

[Firma]  
Secretaría

\_\_\_\_\_  
Asesor/a

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Miembro

\_\_\_\_\_  
Candidato/a (a)

\_\_\_\_\_  
Candidato/a (b)

# Remoción de fósforo total con cal artesanal en aguas de la bahía Sur del lago Titicaca de Puno

Yoel Edson Huanca Coila <sup>a\*</sup>, Flor Flores Paja <sup>a</sup>, Rose Adeline Callata Chura <sup>c</sup>

<sup>a</sup>EP. Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Peruana Unión

---

## Resumen

El presente artículo tiene como objetivo evaluar la capacidad de remoción de fósforo total con cal artesanal en aguas de la bahía Sur del Lago Titicaca de Puno. Para el tratamiento se aplicó la metodología CEPIS, donde se utilizó como coagulante natural la cal artesanal (óxido de calcio) este pasó por un proceso de tamizaje, a fin de determinar la dosis y concentración óptima realizándose 37 tratamientos los cuales se trabajaron a una agitación rápida de 300 revoluciones por minuto a 5 segundos y una agitación lenta de 40 revoluciones por minuto a 20 minutos, en el estudio se consideró como variable independiente a la cal artesanal y la dependiente fósforo total. En el análisis de datos se empleó el polinomio ajustado de quinto orden indicando que la dosis óptima es 20 mg/L con una remoción promedio de 0.822mg/L a una concentración óptima de 1.5% con un valor promedio de remoción de 0.819 mg/L respecto al análisis inicial de 9 mg/L. Para validar los resultados se aplicó los diseños estadísticos: modelo matemático DCA de un solo factor, ANOVA para la prueba grupal y T Student para la prueba individual, y se trabajó con una desviación estándar de 0.071 y un Durbin Watson de 2.6 que expresa una auto correlación óptima, concluyendo que la cal artesanal en el tratamiento realizado es óptimo para la remoción de fósforo total garantizando la viabilidad de la investigación con el modelo matemático, parámetros estadísticos y el buen ajuste realizado para un R<sup>2</sup> óptimo al 100%.

*Palabras clave:* Fósforo total; remoción; coagulante.

---

## Abstract

This article has as objective to evaluate the total phosphorus removal capacity with artisanal lime in the waters of the south bay of Lake Titicaca from Puno. For the treatment, the CEPIS methodology was applied, where artisanal lime (calcium oxide) was used as a natural coagulant, it went through a screening process, in order to determine the optimal dose and concentration, performing 37 treatments which were worked with agitation. speed of 300 revolutions per minute to 5 seconds and a slow stirring of 40 revolutions per minute to 20 minutes, in the study, artisan lime and the dependent total phosphorus were considered as independent variables. In the data analysis, the adjusted fifth order polynomial was used, indicating that the optimal dose is 20 mg / L with an average removal of 0.822mg / L at an optimal concentration of 1.5% with an average removal value of 0.819 mg / L compared to the initial analysis of 9 mg / L. To validate the results, the statistical designs were applied: a single-factor DCA mathematical model, ANOVA for the group test and T Student for the individual test, and we worked with a standard deviation of 0.071 and a Durbin Watson of 2.6 that expresses an auto optimal correlation, concluding that the artisanal lime in the treatment carried out is optimal for the removal of total phosphorus, guaranteeing the feasibility of the investigation with the mathematical model, statistical parameters and the good adjustment made for an optimal R<sup>2</sup> at 100%.

*Keywords:* Total phosphorus; removal; coagulant.

---

\* Autor de correspondencia: Yoel Edson Huanca Coila, Flor flores Paja, Rose Callata  
Km. 06 Salida Arequipa, Chullunquiani, Juliaca  
Tel.: 926520208  
E-mail: yoel.hc@upeu.edu.pe

## 1. Introducción

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, declara que a nivel mundial la contaminación del agua viene siendo un problema principal por la alta concentración de fósforo total y nitrógeno total, generando la eutrofización en lagos y lagunas. Esta problemática se incrementó desde 1990 en adelante debido al crecimiento demográfico en 1% anual aproximadamente (UNESCO, 2015).

El presente estudio parte a raíz de la gran problemática a nivel regional y local, donde predomina la falta de información sobre la caracterización de aguas residuales en la Región Puno y el ámbito local, enmarcando que la contaminación en la bahía Sur del lago Titicaca se da por diversas causas antropogénicas; la población vierte efluentes de aguas residuales de origen doméstico incrementando la concentración de fósforo total las cuales sobrepasan los LMPs, ya que presentan un valor de 13.2 mg/L (Arohuana & Calisaya, 2016).

El proceso de tratamiento de aguas residuales, es de gran importancia y preocupación para la sociedad, por ello, surgen diversos planteamientos de solución, con el fin de reutilizar el recurso hídrico que sufre alteraciones a consecuencia de las actividades antropogénicas y fuentes no puntuales. Para minimizar el impacto al medio ambiente. Uno de los tratamientos es el uso de cal artesanal (coagulante natural), puesto que promueve la remoción del fósforo total, ya que este parámetro físico-químico genera la eutrofización (Veliz, Guadalupe Llanes, Asela Fernández, & Bataller, 2016).

La cal artesanal es un producto que es utilizado en la agricultura por sus propiedades que tiene, ello fortalece la producción de plantas y también es un alimento para la humanidad, la cual se sigue usado en industrias, tratamientos, recubrimientos y monumentos arqueológicos (Villaseñor Alonso & Barba Pingarrón, 2012).

Estudios llevados en relación a esta problemática reflejan que el fósforo se encuentra en las aguas naturales y residuales casi exclusivamente en forma de fosfatos; en la investigación titulada “remoción de fosfatos en agua cruda del Río Otún de la ciudad de Pereira”, realizaron ensayos de jarras con tres coagulantes diferentes; sulfato de aluminio, cloruro férrico y cal hidratada, usando seis diferentes dosis con cada uno de estos productos, determinando de esa manera el nivel de eficiencia en remoción de cada coagulante aplicado en la prueba experimental, en algunos casos se pudo obtener porcentajes de remoción alrededor del 90% (Díaz, 2007).

Sánchez (2016), menciona que la remoción de fósforo en aguas residuales por el método de floculación y sedimentación utilizando cal artesanal y alumbre - kollpa”, tiene como objetivo general evaluar la capacidad de los floculantes Cal artesanal y Alumbre andino “kollpa” para la remoción del nutriente fósforo total en aguas residuales homogenizadas, por el método de la floculación y sedimentación de flujo ascendente Batch y establecer el isoterma de mejor ajuste para el proceso de tratamiento físico-químico propuesto. El método de floculación y sedimentación de flujo ascendente se desarrolló utilizando el floculante cal artesanal (CaO) del 50% de pureza como óxido de calcio en una concentración de 400(mg/L) a un pH de 10, para un tiempo de residencia de 24 minutos para su floculación y sedimentación respectiva; de igual manera se utilizó el floculante Alumbre andino “kollpa”  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 3H_2O$  del 49% de pureza como sulfato de aluminio, con una concentración de 400 (mg/L) a un pH de 7.3, para un tiempo de residencia de 11 minutos. Se obtuvo un porcentaje 74.69% de remoción de fósforo total con cal artesanal.

Coronel, (2014) señala que, en el tratamiento de aguas residuales y superficiales, la cal viva o hidratada es considerada como el químico natural más efectivo, ya que por su alta alcalinidad ajusta el pH y neutraliza los ácidos presentes. Además, facilita la remoción y estabilización de los metales pesados gracias a la coagulación y floculación.

La cal viva o hidratada por su efecto biosida desinfecta, eliminando las bacterias o microorganismos existentes, asimismo promueve la remoción de fósforo y amoníaco; valiosos nutrientes para las algas que se reproducen con facilidad, evitando con esto su proliferación (Calidra, 2002).

Teniendo como base los estudios descritos, este estudio tiene como objetivo evaluar la capacidad de remoción de fósforo total con cal artesanal en aguas de la bahía Sur del Lago Titicaca de Puno, por el método de dosis y concentración óptima del CEPIS para la remoción de este parámetro.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1. Lugar de estudio

La toma de muestra se realizó en las aguas superficiales de la bahía Sur del Lago Titicaca a una distancia de 200m aproximadamente de la Isla Espinar, donde se encuentra ubicada la laguna de oxidación de la ciudad de Puno. Sus coordenadas UTM corresponden a 393268 de latitud y 8247325 de longitud con una altitud de 3812 m.s.n.m.

### 2.2. Metodología de toma de muestras y Análisis físico Químico de la muestra inicial

La recolección de muestra se realizó en base al Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficial, realizándose la toma de muestra compuesta y recolectando un volumen total de 37 L (muestra inicial), posterior a ello, las muestras iniciales se enviaron al laboratorio donde se realizó el análisis de los siguientes parámetros: fosforo total, pH y temperatura, aplicando el método de Phosphorus. Ascorbic Acid Method (espectrofotómetro), Electrometric Method y SMEWW-AHA-AWWA-WEF-Temperature.

### 2.3. Diseño experimental para los ensayos de laboratorio

El diseño experimental usado para la presente investigación fue el de la dosis óptima validado por él (CEPIS, 2004), se realizaron 36 pruebas con tratamiento y una muestra de control realizándose un total de 37 pruebas de laboratorio, así como se detalla en la tabla 1.

Tabla 1.

*Diseño para los ensayos de laboratorio*

Tratamientos						
Test de Jarras	Muestra de Dosis (MD)			Muestra de Concentración (MC)		
Cal artesanal	T1	T2	T3	T1	T2	T3
1	MD-1.1	MD-2.1	MD-3.1	MC-1.1	MC-2.1	MC-3.1
2	MD-1.2	MD-2.2	MD-3.2	MC-1.2	MC-2.2	MC-3.2
3	MD-1.3	MD-2.3	MD-3.3	MC-1.3	MC-2.3	MC-3.3
4	MD-1.4	MD-2.4	MD-3.4	MC-1.4	MC-2.4	MC-3.4
5	MD-1.5	MD-2.5	MD-3.5	MC-1.5	MC-2.5	MC-3.5
6	MD-1.6	MD-2.6	MD-3.6	MC-1.6	MC-2.6	MC-3.6

### 2.4. Preparación de la solución de la cal artesanal.

La cal artesanal se adquirió en un mercado público. Luego, paso por un proceso de tamizaje con tamices de 60 y 200 micras, hasta obtener el diámetro de partícula requerido.

La solución de lechada de cal se preparó según la metodología de Aguilar (2010), donde se colocó 1 g de cal en una fiola de 100ml, posterior a ello se realizó el aforo con la finalidad de obtener una disolución del gramo de cal.

### 2.5. Determinación de la dosis óptima de la cal artesanal

La dosis óptima se determinó mediante la metodología CEPIS (2004), para el cual se utilizó la prueba de jarras de marca VELP modelo JLT6 Serie 35387. Este equipo cuenta con seis vasos de precipitado de 1 L y en cada uno de estos vasos se introdujo las muestras iniciales. En cada vaso se procedió a agregar el coagulante natural (cal artesanal), para lo cual se preparó la solución al 1% con las siguientes dosis: 10, 15,

20, 25, 30, 35 mg/L. Una vez agregado el coagulante se llevó a cabo a una mezcla rápida de 300 rpm a 5 seg, seguida a una mezcla lenta de 40 rpm a 20 min para promover la formación de los flóculos. Posterior a ello se dejó decantar por un tiempo de 20 min. Transcurrido el tiempo se extrajo 250ml de las muestras tratadas, con la finalidad de analizar la concentración del fósforo total removido de la muestra inicial y así determinar la dosis óptima del coagulante con cal artesanal. A este proceso se llamó tratamiento 1.

## 2.6. Determinación Concentración Óptima de la cal artesanal

Tomando como base la dosis óptima del coagulante cal artesanal (tratamiento 1). Para determinar la concentración óptima se realizó un segundo ensayo de pruebas de jarras en donde se aplicó el mismo proceso de la dosis óptima a diferencia que en este tratamiento se preparó a distintas concentraciones 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3%. En los 6 vasos precipitados se agregó 4, 2, 1.3, 1, 0.8, 0.7 ml respectivamente. Una vez agregado el coagulante se llevó a cabo a una mezcla rápida de 300 rpm a 5 seg. seguida a una mezcla lenta de 40 rpm a 20 min para promover la formación de los flóculos. Posterior a ello sedimentó por un tiempo de 20 min. finalmente se realizó la medición respectiva del parámetro a analizar fósforo total para determinar el valor de remoción a una dosis y concentración óptima de la lechada cal artesanal.

Los equivalentes en mililitros para la dosis y concentración se calcularon con la siguiente ecuación del CEPIS.

$$q \text{ (ml)} = \frac{Q(l) * D \left(\frac{mg}{L}\right)}{C \text{ mg/L}} \dots\dots\dots(\text{ec. 1})$$

**Dónde:**

- q: Cantidad de coagulante a añadir a cada jarra (ml)
- D: Dosis de cada jarra en mg/L
- Q: Capacidad de la jarra en litros
- C: Concentración inicial en mg/L.

## 2.7. Análisis de datos

Para validar los resultados obtenidos, se aplicó el modelo matemático utilizando el software Matlab®. A su vez, se realizó el diseño completamente al azar (DCA) de un solo factor (cal artesanal), el ANOVA, para la prueba grupal, el T Student para la prueba individual y para analizar la media entre los tratamientos mediante el Durbin Watson utilizando el programa Minitab (Solis & Laines, 2012).

## 3. Resultados

### 3.1. Análisis inicial

Los procedimientos realizados para el análisis inicial de las muestras se realizaron en un laboratorio acreditado y los parámetros evaluados se mencionan en la tabla 2:

Tabla 2  
Parámetros evaluados

Parámetros	Métodos	Resultados
Temperatura (°C)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF-Temperature	21
pH	pH. Electrometric Method	9.7
Fósforo total (mg/L)	Phosphorus. Ascorbic Acid Method	9 mg/L

La tabla 2 muestra los resultados del análisis inicial de los parámetros de interés. Obteniendo un pH 9.7 y según el trabajo realizado de (Sánchez, (2016)) se encuentra dentro del rango (7-10) para realizar el proceso

experimental con la cal artesanal.

### 3.2. Dosis óptima – Test de jarras

El tratamiento realizado por triplicado nos permite determinar la dosis óptima (Ver tabla 3).

Tabla 3.

*Dosis óptima de cal artesanal para la remoción de fósforo total*

Nº tratamientos	DOSIS (1 %) de Cal artesanal					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Dosis (mg/L)	10	15	20	25	30	35
Ensayo 1	0.827	0.854	0.827	0.89	0.881	0.902
Ensayo 2	0.888	0.911	0.875	0.897	0.889	0.895
Ensayo 3	0.914	0.907	0.764	0.811	0.812	0.809

La tabla 3 en base a la operación de datos realizado en el Software Matlab con el método de polinomio ajustado de quinto grado, se observa que la prueba de jarras basándose en el estudio de (Sánchez, 2016) y realizando algunas modificaciones. Se trabajó con 6 vasos precipitados de 1 L cada uno con diferentes dosis, indicando que la dosis óptima en las tres repeticiones es 20 mg/L (Ver gráfico 1) y una remoción promedio de los tres tratamientos de fósforo total de 0.822 mg/L con una reducción con respecto al análisis inicial de 9 mg/L.

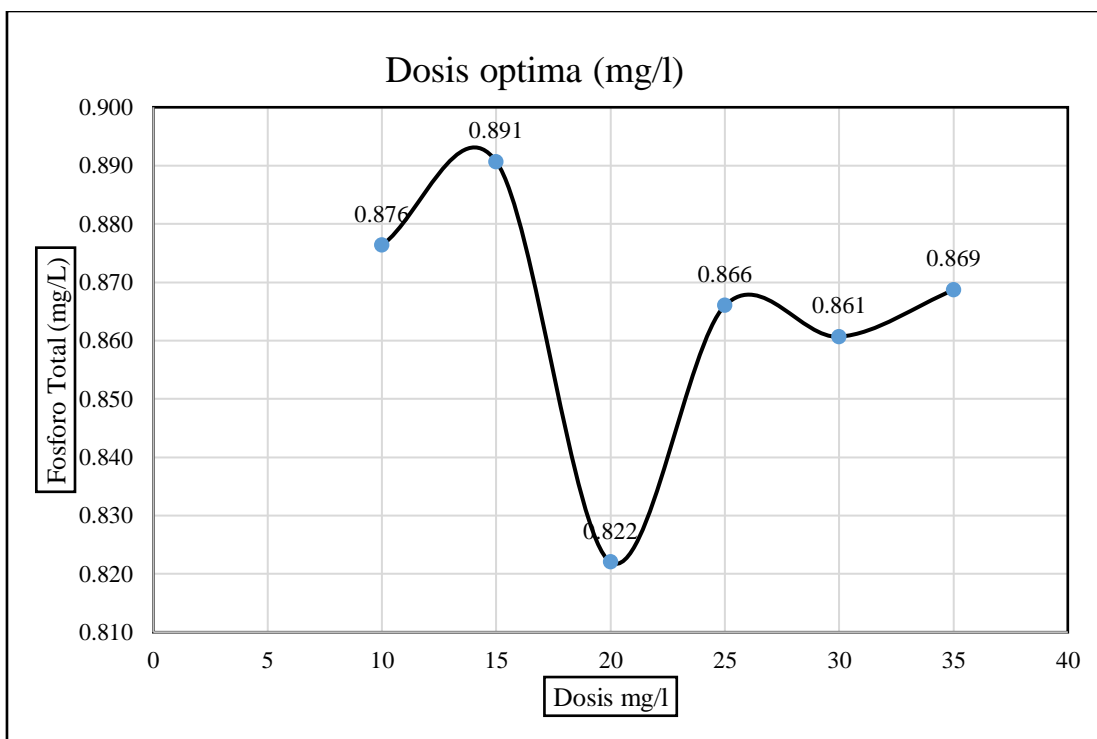


Figura 1: Dosis óptima de cal artesanal respecto al fósforo total removido

### 3.3. Concentración óptima – Test de jarras

En base a una dosis óptima se realizó los siguientes 3 ensayos a distintos porcentajes para determinar la concentración óptima como se menciona en la siguiente tabla 4:



Tabla 4.

Concentración óptima de remoción de fósforo total a una dosis de 20 mg/L

CONCENTRACIÓN (%) de Cal artesanal a una dosis óptima de 20 mg/L						
Nº tratamientos	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Concentraciones (%)	0.5	1	1.5	2	2.5	3
Ensayo 1	0.796	0.793	0.786	0.808	0.801	0.8
Ensayo 2	0.929	0.949	0.897	0.922	0.9	0.938
Ensayo 3	0.908	0.894	0.775	0.939	0.989	0.864

En la tabla 4 los resultados de remoción de fósforo total con prueba de jarras, basándose en el método CEPIS realizando algunas modificaciones. Indica que la concentración óptima es 1.5% con una remoción promedio de 0.819 mg/L respecto a los 3 tratamientos con una reducción total desde el análisis inicial de 9 mg/L.

### 3.4. Ajustes mediante el software (MATLAB) de los 3 tratamientos de concentraciones (%)

Para validar los resultados de concentración óptima y una dosis se desarrolló el “Modelamiento Matemático (MATLAB) de los 3 tratamientos de concentraciones realizando el ajuste por el método mínimos cuadrados resultando un polinomio de quinto grado y se determinó la ecuación de los polinomios de cada ensayo realizado y su respectivo grafico del polinomio ajustado, el cual se muestra en (Ver figura 2).

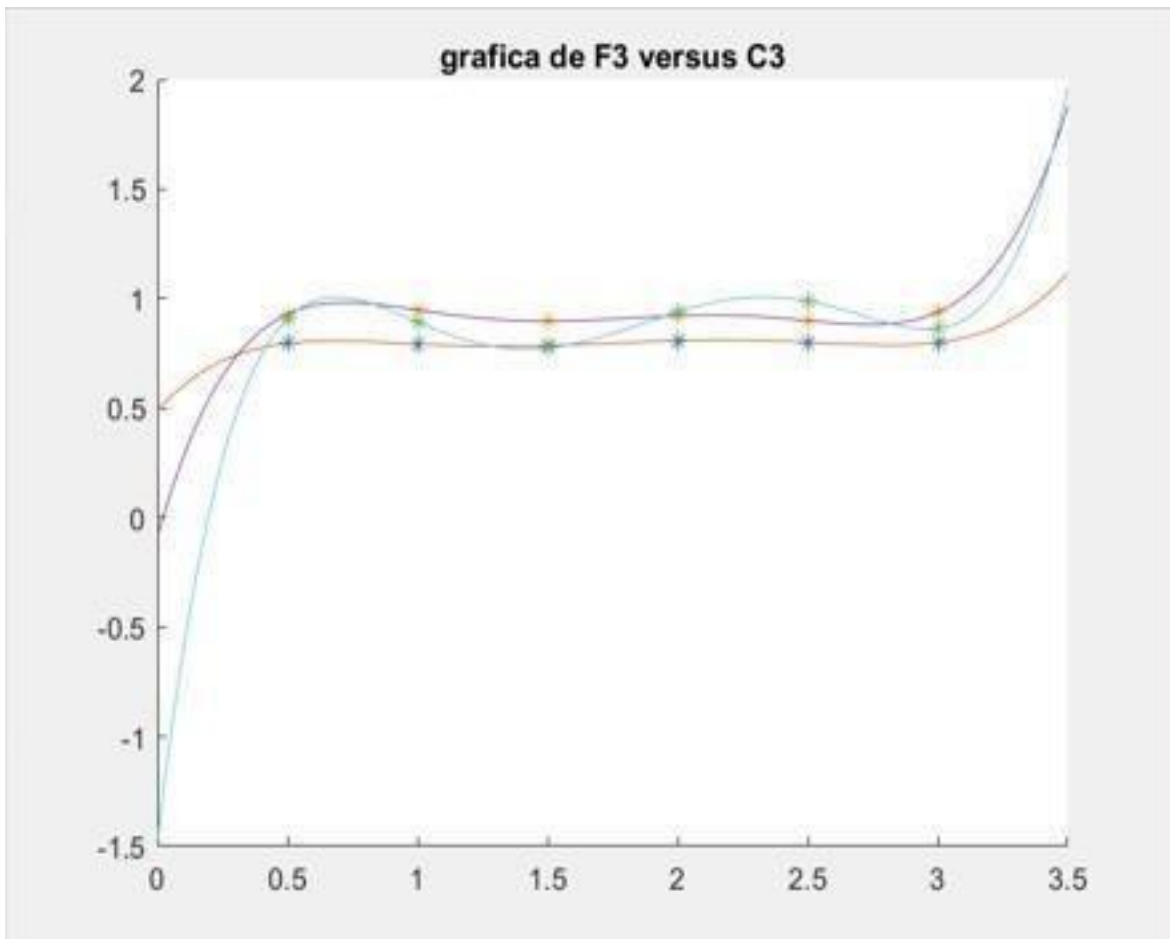


Figura 2: Concentración óptima de remoción de fósforo total al 1.5 %.

En base a los 3 gráficos registrados en la figura 2, indican que la concentración óptima fue al 1.5%, con el cual se obtuvo una concentración de fósforo total promedio final de 0.819 mg/L. Concentración que es óptima debido que la tendencia de los valores es mínima de los 3 tratamientos y los coeficientes del modelo

matemático de quinto orden de las 3 graficas se encuentran en la siguiente tabla 5:

Tabla 5.  
Coeficientes del modelo matemático de las tres graficas en Matlab

Coeficientes del modelo matemático de quinto orden de las tres graficas						
Ensayo 1	$0.0491*x.^5$	$-0.4287*x.^4$	$1.3900*x.^3$	$-2.0508*x.^2$	$1.3464*x.$	0.4870
Ensayo 2	$0.1344*x.^5$	$-1.1900*x.^4$	$3.9647*x.^3$	$-6.1125*x.^2$	$4.2414*x.$	-0.0890
Ensayo 3	$0.2989*x.^5$	$-2.7653*x.^4$	$9.4863*x.^3$	$-14.7487*x.^2$	$10.0997*x.$	-1.4770

### 3.5. Ajuste de mínimos cuadrados para el promedio de los tres ensayos

El resultado obtenido se generó en base a los resultados de los 3 tratamientos del grafico 3 para la concentración óptima, en el que se considera el promedio de los 3 ensayos y se procedió a realizar el grafico final de la concentración respecto a la remoción del fósforo total con el programa Matlab (Ver figura 3). Se observa que a una concentración de 1.5% y una dosis del 20 mg/L la remoción de fósforo total mínimo resulto un valor promedio de 0.819 mg/L.

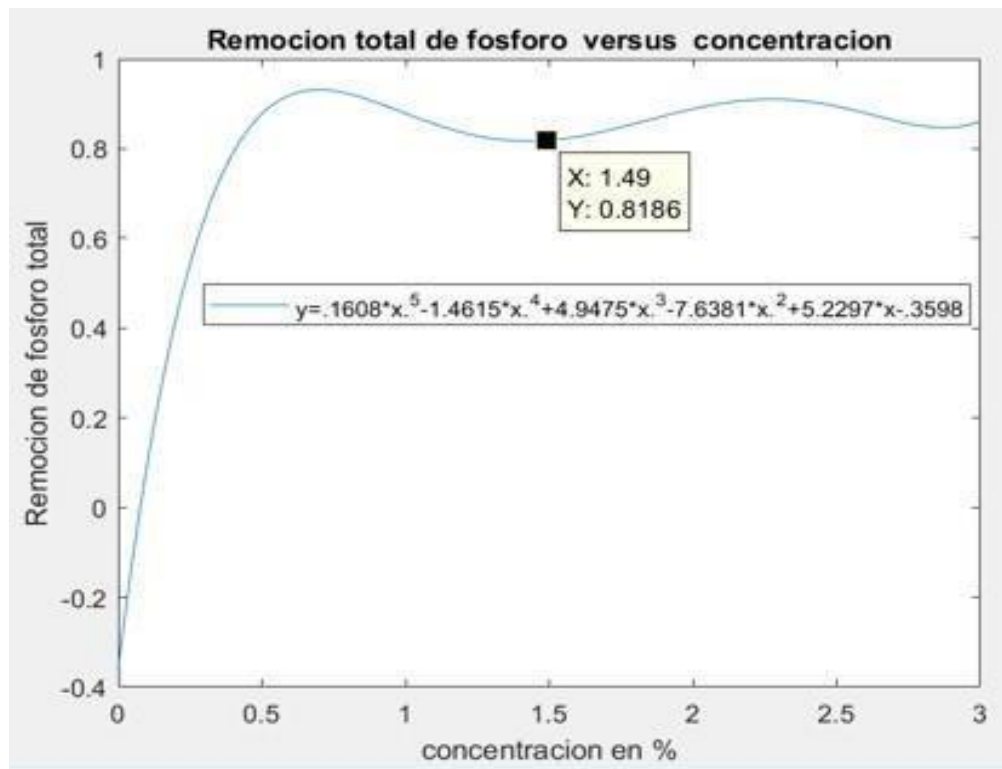


Figura 3: Concentración óptima de remoción de fósforo total al 1.5%

### 3.6. Residuo

El residuo del promedio entre el valor medido del fósforo total (mg/L) y el valor ajustado para cada tratamiento resulto valores pequeños que se indica en la tabla 5:

Tabla 6.  
Residuo de cada tratamiento

Residuo *10 <sup>-13</sup>						
N <sup>a</sup>	T1	T2	T3	T4	T5	T6

Residuo de cada tratamiento	-0.1465	0.0056	-0.0011	-0.0577	-0.1033	-0.0677
-----------------------------	---------	--------	---------	---------	---------	---------

La tabla 6 señala que el residuo en cada tratamiento es mínimo sus valores lo cual indica que el ajuste es perfecto.

### 3.7. Coeficiente de determinación (R2)

El coeficiente de determinación R2 se determinó con la formula en Matlab  $R^2=1-(\text{norm}(\text{sum}(F-Fa)/(F-Fm)))^2$ . El resultado nos indica un buen ajuste casi perfecto entre la correlación entre la variable independiente concentración (%) y la remoción del fósforo total (mg/L) para la dosis óptima de 20 mg/L lo que nos garantiza un buen modelo matemático.

### 3.8. Procesamiento de datos en el Minitab

Observando la tendencia de los puntos de remoción del promedio de fósforo total en función de la concentración los puntos se mantienen con una tendencia horizontal por ello se planteó como una alternativa adicional considerarlo como una regresión lineal con pendiente mínima que considera un Diseño Completamente al Azar (DCA) con variación de un factor resultando para los 6 datos medidos con 3 repeticiones el ANOVA para la prueba grupal (Ver tabla 6) y el T de Student para la prueba individual para la hipótesis planteada que fueron:

Ho: El uso de la cal artesanal no influye en la remoción de fósforo total en las aguas de la bahía Sur del Lago Titicaca

Ha: El uso de cal artesanal favorece en la remoción de fósforo total en las aguas de la bahía Sur del Lago Titicaca.

Tabla 7.  
Análisis de Regresión - ANOVA

Fuente	GL	SC Ajustado	MC Ajustado	Valor F	Valor P
Regresión	1	0.000014	0.000014	0.00	0.959
Volumen q(ml)	1	0.000014	0.000014	.000	0.959
Error	16	0.080591	0.005037	0.49	
Falta de ajuste	4	0.011361	0.002840		0.742
Error puro	12	0.069230	0.005769		
Total	17	0.080604			

En la tabla 7 el p valor es  $0.959 > 0.05$  el cual muestra que la regresión no influye en la remoción del fósforo total. Con respecto a la prueba y por falta de ajuste es significativo (cuyo p valor es  $0.742 > 0.05$ ), lo que significa un buen ajuste siendo la desviación estándar de 0.071 y un Durbin Watson de 2.6 que indica que no hay problema de autocorrelación estos garantizan el ajuste del modelo.

Resultando: fósforo total (mg/L) =  $0.08703 + 0.008 q$  (ml).

### 3.9. Análisis de regresión de prueba individual: T de Student

Tabla 8.  
Análisis de Regresión de prueba individual - ANOVA

Termino	Coeficiente	EE del coeficiente	Valor T	Valor P	FIV
Constante	0.8703	0.0292	29.80	0.000	

Volumen q(ml)	0.0008	0.0147	0.05	0.959	1.00
---------------	--------	--------	------	-------	------

En la tabla 8 se obtiene como resultado que la constante  $p$  valor =  $0.000 < 0.05$  indica que la remoción de fósforo total depende de la media (constante 0.8703) y no del volumen de cal adicional ya que su  $p$  valor es =  $0.959 > 0.05$  el cual menciona que la remoción de fósforo total depende del promedio o coeficiente constante para lo cual se determinó la dosis óptima.

Los resultados obtenidos en la prueba grupal (F fisher) y prueba individual (T de Student) nos permite determinar que se rechaza la Hipótesis nula ( $H_0$ ) y se acepta la Hipótesis alterna ( $H_a$ ) indicando que el uso de cal artesanal favorece en la remoción de fósforo total en las aguas de la babía Sur del Lago Titicaca.

#### 4. Conclusiones

En base al análisis de datos se concluyó que la cal artesanal en los seis tratamientos presentó un óptimo y mejor promedio de remoción de fósforo total (mg/L) indicando que la dosis óptima es 20 mg/L con una remoción promedio de 0.822mg/L a una concentración óptima de 1.5% con un valor promedio de remoción de 0.819 mg/L respecto al análisis inicial de 9 mg/L y resaltando que los datos medidos en el laboratorio y el ajuste realizado con los programas del Matlab y Minitab garantizan el buen ajuste realizado para un  $R^2$  óptimo al 100%.

Determinando de esta manera en el proceso experimental del tratamiento se llegó al objetivo establecido en base a las investigaciones realizadas y se garantiza la viabilidad de la investigación dado que el uso de cal artesanal favorece en la remoción de fósforo total.

#### Recomendaciones

El tratamiento establecido remoción de fósforo total con cal artesanal, es una de las investigaciones recientes, lo cual se recomienda realizar un análisis de costos de aplicación de este producto cal artesanal a gran escala para en un futuro ser aplicado como pos tratamiento o pre tratamiento de un cuerpo de agua para el beneficio de los mismos dependiendo los parámetros de análisis crudos del agua a tratar como el pH y la temperatura.

Se recomienda no aplicar los detergentes a los cuerpos de agua de fuente superficial o residual para no contaminar a alto nivel en fósforo total debido a que los detergentes contienen compuestos químicos como fosfatos y que son dañinos para los organismos del ser humano al momento de consumir.

## Referencias

- Aguilar, E. A. (2010). *Utilización de las semillas de Tara (Caesalpinia Spinoza) como ayudante de coagulación en el tratamiento de aguas. Tesis de grado*. Universidad Nacional de Ingeniería. Obtenido de [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI\\_ea5fde441788f8b77fe931661aaaec5/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_ea5fde441788f8b77fe931661aaaec5/Details)
- Arohuanca, C., & Calisaya, A. (2016). *Evaluación de la carga de nitrógeno y fósforo en las principales fuentes puntuales que vierten al Lago Titicaca de Puno*. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2783/AMarcaca.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calidra. (2002). Usos de la cal en el tratamiento de aguas. 15. Obtenido de <http://www.foccal.org/descargas/Tratamiento-AGUAS-CAL.pdf>
- CEPIS. (2004). *Tratamiento de agua para consumo humano. Plantas de filtración rápida*. Lima.
- Coronel, N. C. (2014). Aplicación de un diseño factorial en la remoción de turbiedad del Rio Rímac mediante Coagulación y Floculación usando goma de tara.
- Díaz, W. H. (2007). Determinación del coagulante que permita la máxima remoción de fosfatos en agua cruda del rio Otún. *Scientia et Technica*.
- Panca, O. (2016). Remoción del Fluoruro en Agua Potable por Precipitación floculación con Poli cloruro de Aluminio y Lechada de Cal. *Optar el Título*. UNA, Puno. Obtenido de [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2980/Panca\\_Pacompa\\_Ornela.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2980/Panca_Pacompa_Ornela.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA)*. ANA. Obtenido de [https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo\\_nacional\\_para\\_el\\_monitoreo\\_de\\_la\\_calidad\\_de\\_los\\_recursos\\_hidricos\\_superficiales.pdf](https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/protocolo_nacional_para_el_monitoreo_de_la_calidad_de_los_recursos_hidricos_superficiales.pdf)
- Sánchez, L. M. (2016). “Remoción de Fósforo en aguas residuales por el método floculación y sedimentación utilizando Cal artesanal y Alumbre- Kollpa”. Obtenido de [http://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/4336/Lizet\\_Marlene\\_SAAVEDRA\\_S%3A%20INCHEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/4336/Lizet_Marlene_SAAVEDRA_S%3A%20INCHEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Solis, R., Canepa, R., & Hernández, J. (2012). Mezclas con potencial coagulante para clarificar aguas superficiales. *Scielo*. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v28n3/v28n3a5.pdf>
- UNESCO. (2015). *Crecimiento Insostenible y la Creciente demanda mundial del agua*. Obtenido de [http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts\\_Figures\\_SPA\\_we](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts_Figures_SPA_we)
- Veliz, E., Llanes, J., Fernández, L., & Bataller, M. (2016). Coagulación-floculación, filtración y ozonización de agua residual para reutilización en riego agrícola. *Scielo*. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-24222016000100017](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222016000100017)
- Villaseñor A., I., & Barba L. (2012). Los orígenes tecnológicos de la Cal. *Redalyc*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/351/35128270010.pdf>

## ANEXOS

### ANEXO A. Panel fotográfico



Figura 1. Toma de muestra de la bahía del Lago Titicaca



Figura 2. Muestra de agua del Lago Titicaca sin tratamiento



Figura 3. Selección y tamizaje de la cal artesanal



Figura 4. Cal artesanal en polvo



Figura 5. Cal artesanal a diferentes concentraciones





Figura 6. Proceso de dosis y concentración óptima con la cal artesanal



Figura 7. Muestras obtenidas con tratamiento

**ANEXO B. Resultados obtenidos del laboratorio**



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 003



**INFORME DE ENSAYO N° 2-00601/20**

Página 2/2

**RESULTADOS**

Estación de Muestreo		M1	
Fecha y Hora de Muestreo		2020-03-04 12:30	
Tipo de Muestra		Agua Natural Superficial	
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados
Parámetros Inorgánicos no Metálicos			
Fósforo Total	0.003	mg/L	9.000

**CONTROLES DE CALIDAD**

Ensayos	BM < Límite Detección	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
Fosforo Total (LD: 0,003 mg/L)	< 0.003	93.4	85% - 115%	0.926	0.931	0.31	<20%

BM: Blanco del Método  
LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio  
% RPD: Diferencia Porcentual Relativa

**MÉTODOS**

Fósforo Total: SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 22nd Ed.2012.Phosphorus. Ascorbic Acid Method

**OBSERVACIONES**

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 27 de marzo de 2020

CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A

*Eduardo Mamani*  
Lic. Eddie Mendoza Mamani  
C.O.P. N° 776  
JEFE DEL LABORATORIO AREQUIPA

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUTE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE 003**



**INFORME DE ENSAYO N° 2-00601/20**

Página 1/2

Solicitante : FLORES PAJA, FLOR  
 Domicilio legal : JR. ESPINAL BARRIO LOS CHOFERES N° 251 - JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO  
 Producto declarado : AGUA SUPERFICIAL  
 Lugar de Muestreo : BAHIA NORTE DEL LAGO TITICACA - PUNO  
 Fecha de Muestreo : 2020-03-04  
 Cantidad de Muestras para el Ensayo : 0.3 Litros  
 Muestra proporcionada por el solicitante  
 Forma de Presentación : En Frascos de Plástico, Cerrados Y Refrigerados  
 Identificación de la muestra : Según se indica  
 Fecha de recepción : 2020-03-06  
 Fecha de inicio del ensayo : 2020-03-11,  
 Fecha de término del ensayo : 2020-03-11  
 Ensayo realizado en : Laboratorio Ambiental Arequipa  
 Identificado con : HS 20001677 (EXMA-02601-2020)  
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita

Proyecto:				
Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
M.I	393268	8247325	—	Altitud: 3769



AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

[info@cerper.com](mailto:info@cerper.com) - [www.cerper.com](http://www.cerper.com)

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



**CUENTE:** Fios Fines 148  
**DIRECCION LEGAL:** Code: 447741  
**TELEFONO SYRTEL:**  
**LUGAR DE MUESTREO:** Esp. Norte del Lago Titicaca Puno

**CONTACTO:**  
 E-MAIL: info@cerper.com  
 CELULAR: 978795630

**CADENA DE CUSTODIA PARA PROTOTIPO**

**MIS:**  
 EXMA - 2601-2020-01

GEOREFERENCIAL (WGS 84)

CODIGO DE ESTACION Y/O MUESTRA	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE ENVASE		FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	1º de Envase	Faltos por	Temperatura	PARAMETROS					
		FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO						ESTR	NORTE	ESTR	NORTE		
Warena del 1º E	Superficial	400000	12:20pm-2:30pm	1	X									
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: auto;"> <p style="text-align: center;"> <b>VOCEP DE LA</b>  <b>05 MAR 2020</b>  <b>DEPARTAMENTO</b>  <b>ALCALDIA DE MUESTRAS</b>  <b>AREQUIPA</b> </p> </div>														
										TOTAL:	9			

TIPO DE MUESTRA: 1º MUESTRO DE CLASIFICACION PARA FRASCO DE PLASTICO AMBRO (1º) / 2º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (2º) / 3º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (3º) / 4º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (4º) / 5º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (5º) / 6º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (6º) / 7º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (7º) / 8º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (8º) / 9º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (9º) / 10º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (10º) / 11º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (11º) / 12º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (12º) / 13º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (13º) / 14º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (14º) / 15º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (15º) / 16º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (16º) / 17º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (17º) / 18º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (18º) / 19º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (19º) / 20º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (20º) / 21º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (21º) / 22º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (22º) / 23º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (23º) / 24º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (24º) / 25º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (25º) / 26º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (26º) / 27º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (27º) / 28º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (28º) / 29º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (29º) / 30º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (30º) / 31º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (31º) / 32º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (32º) / 33º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (33º) / 34º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (34º) / 35º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (35º) / 36º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (36º) / 37º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (37º) / 38º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (38º) / 39º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (39º) / 40º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (40º) / 41º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (41º) / 42º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (42º) / 43º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (43º) / 44º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (44º) / 45º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (45º) / 46º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (46º) / 47º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (47º) / 48º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (48º) / 49º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (49º) / 50º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (50º) / 51º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (51º) / 52º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (52º) / 53º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (53º) / 54º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (54º) / 55º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (55º) / 56º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (56º) / 57º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (57º) / 58º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (58º) / 59º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (59º) / 60º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (60º) / 61º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (61º) / 62º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (62º) / 63º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (63º) / 64º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (64º) / 65º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (65º) / 66º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (66º) / 67º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (67º) / 68º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (68º) / 69º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (69º) / 70º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (70º) / 71º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (71º) / 72º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (72º) / 73º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (73º) / 74º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (74º) / 75º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (75º) / 76º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (76º) / 77º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (77º) / 78º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (78º) / 79º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (79º) / 80º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (80º) / 81º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (81º) / 82º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (82º) / 83º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (83º) / 84º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (84º) / 85º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (85º) / 86º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (86º) / 87º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (87º) / 88º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (88º) / 89º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (89º) / 90º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (90º) / 91º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (91º) / 92º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (92º) / 93º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (93º) / 94º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (94º) / 95º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (95º) / 96º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (96º) / 97º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (97º) / 98º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (98º) / 99º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (99º) / 100º MUESTRO DE PLASTICO AMBRO (100º)

**DATOS DE MUESTREO:**  
 Muestra por Frasco: 100 ml  
 Fecha de realización de muestra: 04.03.2020  
 Hora de realización de muestra: 12:30-2:30pm  
 Volumen: 1000 ml  
 Área de carga (m²):  
 Peso de muestra (g):  
 Tiempo de muestra (h, m, s):

**CONDICION DE RECEPCION DE LA MUESTRA:**  
 En buen estado: SI  NO   
 Respeto a temperatura: SI  NO   
 Dentro del tiempo de conservación: SI  NO   
 Conservación adecuada: SI  NO   
 Recibido por: *P. Navarrete*

**OBSERVACIONES:**  
 Para una muestra de 100 ml, se utilizó un frasco de 250 ml.  
 T-5.6 RH-017M

**RESPONSABLE DEL MUESTREO:**  
 06-03-2020 11:00  
*[Firma]*

**RESPONSABLE DE MUESTRAS / HORA Y FECHA:**  
 06-03-2020 11:00  
*[Firma]*

CAL: 000  
 Versión: 01

**INFORME DE ENSAYO N° 2-00602/20**

Página 1/3

Solicitante : FLORES PAJA, FLOR  
 Domicilio legal : JR. ESPINAL BARRIO LOS CHOFERES N° 251 - JULIACA - SAN ROMÁN - PUNO  
 Producto declarado : AGUA SUPERFICIAL  
 Lugar de Muestreo : BAHIA NORTE DEL LAGO TITICACA - PUNO  
 Fecha de Muestreo : 2020-03-04  
 Cantidad de Muestras para el Ensayo : 2.0 Litros  
 Forma de Presentación : Muestra proporcionada por el solicitante  
 Identificación de la muestra : En Frasco de Plástico, Cerrado, Refrigerado Y Preservado  
 Fecha de recepción : Según se indica  
 Fecha de inicio del ensayo : 2020-03-06  
 Fecha de término del ensayo : 2020-03-10  
 Ensayo realizado en : Laboratorio Ambiental Arequipa  
 Identificado con : HS 20001877 (EXMA-02601-2020)  
 Validez del documento : Este documento es válido solo para la muestra descrita

Puntos de muestreo	Coordenadas UTM WGS 84		Descripción de la Estación de Monitoreo	Observaciones
	ESTE	NORTE		
	MD.1.1	393268		
MD.1.2	393269	8247326	----	Altitud: 3 769 m.s.n.m.
MD.1.3	393270	8247327	----	Altitud: 3 769 m.s.n.m.
MD.1.4	393271	8247328	----	Altitud: 3 769 m.s.n.m.
MD.1.5	393272	8247329	----	Altitud: 3 769 m.s.n.m.
MD.1.6	393273	8247330	----	Altitud: 3 769 m.s.n.m.



AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

**INFORME DE ENSAYO N° 2-00602/20**

Página 2/3

**RESULTADOS**

		Estación de Muestreo				
		MD.1.1	MD.1.2	MD.1.3	MD.1.4	
		Fecha y Hora de Muestreo				
		2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30	
		Tipo de Muestra				
		Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
<b>Parámetros Físico - Químicos</b>						
(*) pH	---	Unidades de pH a 25 °C.	9,10	9,14	9,24	9,14
(*) Temperatura	---	°C	21,6	21,6	21,7	21,8
<b>Parámetros Inorgánicos no Metálicos</b>						
Fósforo Total	0,003	mg/L	0,827	0,854	0,827	0,890

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

		Estación de Muestreo		
		MD.1.5	MD.1.6	
		Fecha y Hora de Muestreo		
		2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30	
		Tipo de Muestra		
		Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados
<b>Parámetros Físico - Químicos</b>				
(*) pH	---	Unidades de pH a 25 °C.	9,35	9,24
(*) Temperatura	---	°C	21,6	22,0
<b>Parámetros Inorgánicos no Metálicos</b>				
Fósforo Total	0,003	mg/L	0,881	0,902

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

**CONTROLES DE CALIDAD**

Ensayos	BM		Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección	LFB					
Fósforo Total (LD: 0,003 mg/L)	< 0,003	93,4	85% - 115%	0,928	0,931	0,31	<20%

BM: Blanco del Método  
LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio  
% RPD: Diferencial Porcentual Relativo



AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE 003



## INFORME DE ENSAYO N° 2-00602/20

Página 3/3

### MÉTODOS

- Fósforo Total:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 22nd Ed.2012.Phosphorus. Ascorbic Acid Method
- (\*) Temperatura:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B, 23rd Ed.2017.Temperature. Laboratory and Field Methods
- (\*) pH:** SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017. pH Value. Electrometric Method

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

### OBSERVACIONES

Prohíbase la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.  
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Arequipa, 27 de marzo de 2020

CERTIFICACIONES DEL PERÚ S.A.

  
Lic. Edne Mendoza Mamani  
C.O.P. N° 776  
JEFE DEL LABORATORIO AREQUIPA.

AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

[info@cerper.com](mailto:info@cerper.com) - [www.cerper.com](http://www.cerper.com)

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE





**INFORME DE ENSAYO N° 2-00603/20**

Página 2/3

**RESULTADOS**

		Estación de Muestreo				
		MD.2.1	MD.2.2	MD. 2.3	MD. 2.4	
		Fecha y Hora de Muestreo				
		2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30	
		Tipo de Muestra				
		Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
<b>Parámetros Físico - Químicos</b>						
(*) pH	---	Unidades de pH a 25 °C.	8,94	9,11	9,52	9,25
(*) Temperatura	---	°C	21,9	21,9	22,0	22,0
<b>Parámetros Inorgánicos no Metálicos</b>						
Fósforo Total	0,003	mg/L	0,888	0,911	0,875	0,897

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

		Estación de Muestreo		
		MD. 2.5	MD. 2.6	
		Fecha y Hora de Muestreo		
		2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30	
		Tipo de Muestra		
		Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados
<b>Parámetros Físico - Químicos</b>				
(*) pH	---	Unidades de pH a 25 °C.	9,39	9,51
(*) Temperatura	---	°C	22,1	22,2
<b>Parámetros Inorgánicos no Metálicos</b>				
Fósforo Total	0,003	mg/L	0,889	0,895

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

**CONTROLES DE CALIDAD**

Ensayos	BM	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección						
Fósforo Total (LD: 0,003 mg/L)	< 0,003	93,4	85% - 115%	0,926	0,931	0,31	<20%

BM: Blanco del Método  
LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio  
% RPD: Diferencia Porcentual Relativa



AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

\*EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUTE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE\*

**INFORME DE ENSAYO N° 2-00604/20**

Página 2/3

**RESULTADOS**

		Estación de Muestreo				
		MD. 3.1	MD. 3.2	MD. 3.3	MD. 3.4	
		Fecha y Hora de Muestreo				
		2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30	
		Tipo de Muestra				
		Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
<b>Parámetros Físico - Químicos</b>						
(*) pH	---	Unidades de pH a 25 °C.	6,74	6,87	9,06	9,17
(*) Temperatura	---	°C	22,7	22,9	22,6	21,5
<b>Parámetros Inorgánicos no Metálicos</b>						
Fósforo Total	0,003	mg/L	0,914	0,907	0,764	0,811

\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

		Estación de Muestreo		
		MD. 3.5	MD. 3.6	
		Fecha y Hora de Muestreo		
		2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30	
		Tipo de Muestra		
		Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados
<b>Parámetros Físico - Químicos</b>				
(*) pH	---	Unidades de pH a 25 °C.	9,23	9,25
(*) Temperatura	---	°C	22,7	22,1
<b>Parámetros Inorgánicos no Metálicos</b>				
Fósforo Total	0,003	mg/L	0,812	0,809

\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

**CONTROLES DE CALIDAD**

Ensayos	BM	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección						
Fósforo Total (LD: 0,003 mg/L)	< 0,003	93,4	85% - 115%	0,928	0,931	0,31	<20%

BM: Blanco del Método  
LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio  
% RPD: Diferencia Porcentual Relativa



AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

**INFORME DE ENSAYO N° 2-00605/20**

Página 2/3

**RESULTADOS**

		Estación de Muestreo	MC. 1.1	MC. 1.2	MC. 1.3	MC. 1.4
		Fecha y Hora de Muestreo	2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30
		Tipo de Muestra	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
<b>Parámetros Físico - Químicos</b>						
(*) pH	---	Unidades de pH a 25 °C.	9,51	9,30	9,44	9,35
(*) Temperatura	---	°C	21,8	21,4	21,5	21,4
<b>Parámetros Inorgánicos no Metálicos</b>						
Fósforo Total	0,003	mg/L	0,796	0,793	0,788	0,808

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

		Estación de Muestreo	MC. 1.5	MC. 1.6
		Fecha y Hora de Muestreo	2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30
		Tipo de Muestra	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados
<b>Parámetros Físico - Químicos</b>				
(*) pH	---	Unidades de pH a 25 °C.	9,42	9,52
(*) Temperatura	---	°C	21,6	21,6
<b>Parámetros Inorgánicos no Metálicos</b>				
Fósforo Total	0,003	mg/L	0,801	0,800

(\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

**CONTROLES DE CALIDAD**

Ensayos	BM < Límite Detección	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
Fósforo Total (LD: 0,003 mg/L)	< 0,003	< 0,003	93,4	85% - 115%	0,928	0,931	0,31

BM: Blanco del Método  
LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio  
% RPD: Diferencia Porcentual Relativa



AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

**INFORME DE ENSAYO N° 2-00606/20**

Página 2/3

**RESULTADOS**

Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Estación de Muestreo			
			MC. 2.1	MC. 2.2	MC. 2.3	MC. 2.4
			2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30
			Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial
Parámetros Físico - Químicos			Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
(*) pH	---	Unidades de pH a 25 °C.	9,48	9,46	9,42	9,57
(*) Temperatura	---	°C	21,9	21,6	21,5	21,5
<b>Parámetros Inorgánicos no Metálicos</b>						
Fósforo Total	0,003	mg/L	0,929	0,949	0,897	0,922

\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Estación de Muestreo	
			MC. 2.5	MC. 2.6
			2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30
			Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial
Parámetros Físico - Químicos			Resultados	Resultados
(*) pH	---	Unidades de pH a 25 °C.	9,34	9,28
(*) Temperatura	---	°C	21,7	21,9
<b>Parámetros Inorgánicos no Metálicos</b>				
Fósforo Total	0,003	mg/L	0,900	0,938

\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

**CONTROLES DE CALIDAD**

Ensayos	BM		Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
	< Límite Detección	LFB					
Fósforo Total (LD: 0,003 mg/L)	< 0,003	< 0,003	93,4	85% - 115%	0,928	0,931	0,31

BM: Blanco del Método  
LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio  
% RPD: Diferencia Porcentual Relativa



AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

\*EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY POR LA AUTORIDAD COMPETENTE\*

**INFORME DE ENSAYO N° 2-00607/20**

Página 2/3

**RESULTADOS**

		Estación de Muestreo	MC. 3.1	MC. 3.2	MC. 3.3	MC. 3.4
Fecha y Hora de Muestreo			2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30
Tipo de Muestra			Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados	Resultados	Resultados
<b>Parámetros Físico - Químicos</b>						
(*) pH	---	Unidades de pH a 25 °C.	9,48	9,41	9,22	9,33
(*) Temperatura	---	°C	22,0	22,1	22,9	22,8
<b>Parámetros Inorgánicos no Metálicos</b>						
Fósforo Total	0,003	mg/L	0,908	0,894	0,775	0,939

\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

		Estación de Muestreo	MC. 3.5	MC. 3.6
Fecha y Hora de Muestreo			2020-03-04 12:30	2020-03-04 12:30
Tipo de Muestra			Agua Natural Superficial	Agua Natural Superficial
Parámetro	Límite de Detección	Unidad	Resultados	Resultados
<b>Parámetros Físico - Químicos</b>				
(*) pH	---	Unidades de pH a 25 °C.	9,30	9,08
(*) Temperatura	---	°C	22,7	22,9
<b>Parámetros Inorgánicos no Metálicos</b>				
Fósforo Total	0,003	mg/L	0,989	0,864

\*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

**CONTROLES DE CALIDAD**

Ensayos	BM < Límite Detección	LFB	Criterio de aceptación	Muestra	Duplicado	RPD	Criterio de aceptación
Fósforo Total (LD: 0,003 mg/L)	< 0,003	93,4	85% - 115%	0,928	0,931	0,31	<20%

BM: Blanco del Método  
LFB: Blanco Fortificado de Laboratorio  
% RPD: Diferencia Porcentual Relativa



AREQUIPA  
Calle Teniente Rodríguez N° 1415  
Miraflores - Arequipa  
T. (054) 265572

CALLAO  
Oficina Principal  
Av. Santa Rosa 601, La Perla - Callao  
T. (511) 319 9000

info@cerper.com - www.cerper.com

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"