

# UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS

FACULTAD DE INGENIERÍAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**TESIS**

**CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO POBLADO  
DE CAMACANI, DISTRITO DE PLATERÍA – 2025**

**PRESENTADA POR:**

**DENILSON SALAS MENDOZA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PUNO – PERÚ**

**2025**



Repositorio Institucional ALCIRA by [Universidad Privada San Carlos](http://www.upsc.edu.pe) is licensed under a [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



3.84%

SIMILARITY OVERALL

SCANNED ON: 16 SEP 2025, 7:10 PM

### Similarity report

Your text is highlighted according to the matched content in the results above.

● IDENTICAL  
0.48%

● CHANGED TEXT  
3.36%

## Report #28609113

DENILSON SALAS MENDOZA // CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO POBLADO DE CAMACANI, DISTRITO DE PLATERÍA – 2025 RESUMEN E

l presente estudio evaluó la calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani, Distrito Platería, en 2025. Su objetivo fue determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, evaluando su cumplimiento con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del DS N°031-2010 SA y los Parámetros de Control Obligatorio (PCO) relevantes para su calidad integral. 1 La metodología consistió en la recolección de muestras de agua en cuatro puntos del sistema de distribución: captación (PM1), reservorio (PM2), vivienda media (PM3) y última vivienda (PM4), siguiendo el protocolo establecido en la R. D. N°160-2015/DIGESA/SA. Posteriormente, las muestras fueron enviadas a laboratorio. Los resultados mostraron que los parámetros físicos (turbiedad: 0,65 UNT; conductividad: 100 µS/cm; color: 3 UPC; sólidos totales disueltos: 0,05 mg/L) cumplieron con los límites. Para los parámetros químicos, pH (7,73), cloruros (14,89 mg/L), sulfatos (8 mg/L), dureza total (156,75 mg/L CaCO<sub>3</sub>) y nitratos (0,05 mg/L) también se encontraron dentro de lo permisible. Sin embargo, se identificó un incumplimiento en el cloro residual, con valor promedio de (0,00 mg/L), inferior al rango óptimo de (0,5 a 1,0 mg/L). Respecto a los análisis microbiológicos, se detectó contaminación por coliformes

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

**CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO POBLADO  
DE CAMACANI, DISTRITO DE PLATERÍA – 2025**

**PRESENTADA POR:**

**DENILSON SALAS MENDOZA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AMBIENTAL**

APROBADA POR EL SIGUIENTE JURADO:

PRESIDENTE

:   
Mg. JULIO WILFREDO CANO OJEDA

PRIMER MIEMBRO

:   
Dra. MARLENE CUSI MONTESINOS

SEGUNDO MIEMBRO

:   
Mg. KATIA ELIZABETH ANDRADE LINAREZ

ASESOR DE TESIS

:   
Dr. ESTEBAN ISIDRO LEON APAZA

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub Área: Ingeniería Ambiental

Líneas de Investigación: Ciencias Ambientales

Puno, 24 de setiembre del 2025.

## DEDICATORIA


**A Dios**, por su inmensa misericordia , paciencia y guía en cada paso.

**A mis padres**, por su apoyo.

**A mis queridos abuelitos**, Eva y Nicanor, quienes con su sabiduría, experiencias compartidas y mucho amor, sembraron las bases de mi ser.

Con gratitud, **a mis docentes** de formación académica general, por su generosidad al compartir no solo conocimientos, sino también valores, experiencias y sabios consejos.

Con cariño, **a las personas que fueron más que amigos**: Don Máximo, Basilio Alcca, Roger Mendoza, Oráculo A7:14I, Adan Arpasi, David Diaz, Hermogenes Mendoza.

Dedicado **a mis dos hijos**, Cabo y Guadaña. Su inquebrantable entusiasmo por la vida, sus correteos sin rumbo fijo y la simpleza de su existencia me brindaron la dosis exacta de alegría y distracción que necesité en los momentos complicados. Gracias por ser mis pequeños terapeutas y enseñarme que la paciencia es el arte de esperar lo perfecto. ¡Los amo ghp, sean eternos! 

Denilson Salas.

## AGRADECIMIENTO

La culminación de este trabajo de investigación no hubiera sido posible sin la colaboración y el apoyo de diversas personas e instituciones, a quienes expreso mi más sincera gratitud.

- En primer lugar, agradezco profundamente al Dr. Esteban Isidro León Apaza, mi asesor de tesis, por su constante orientación, valiosas sugerencias y por la confianza depositada en mi capacidad a lo largo de todo el proceso. Su dirección fue fundamental para la consecución de este proyecto.
- Extiendo mi agradecimiento a los distinguidos miembros del jurado examinador: Mg. Julio Wilfredo Cano Ojeda, Mg. Katia Elizabeth Andrade Linarez y Dra. Marlene Cusi Montesinos. Sus atinadas observaciones y correcciones contribuyeron significativamente a la mejora y enriquecimiento de esta tesis.
- Mi reconocimiento se dirige también a MQA LABS Megalaboratorios Químicos de los Andes S.A.C., por facilitar los recursos y el acceso a las instalaciones necesarias para la realización de los análisis y pruebas requeridas en esta investigación.
- Finalmente, agradezco a la Universidad Privada San Carlos, y en particular a la Facultad de Ingenierías y a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, por haberme brindado la formación académica y los recursos necesarios para alcanzar este objetivo.

A todos ellos, mi más profundo agradecimiento.

## ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	1
AGRADECIMIENTO	2
ÍNDICE GENERAL	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ANEXOS	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14

### CAPÍTULO I

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

<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>16</b>
1.1.1. PROBLEMA GENERAL	18
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	18
<b>1.2. ANTECEDENTES</b>	<b>18</b>
1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL	18
1.2.2. A NIVEL NACIONAL	20
1.2.3. A NIVEL LOCAL	21
<b>1.3. OBJETIVOS</b>	<b>25</b>
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	25
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	25

### CAPÍTULO II

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

<b>2.1. MARCO TEÓRICO</b>	<b>26</b>
2.1.1. MARCO REFERENCIAL	26

2.1.2. MARCO CONCEPTUAL	28
2.1.3. MARCO NORMATIVO	32
<b>2.2. HIPÓTESIS</b>	<b>35</b>
2.2.1. HIPÓTESIS GENERAL	35
2.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	35
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN</b>	
<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO</b>	<b>36</b>
3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA	36
3.1.2. UBICACIÓN POLÍTICA	36
<b>3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA</b>	<b>37</b>
3.2.1. POBLACIÓN	37
3.2.2. MUESTRA	37
<b>3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS</b>	<b>38</b>
3.3.1. MÉTODO DE MUESTREO DE AGUA	39
3.3.2. DISEÑO DEL MONITOREO Y SELECCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO	40
3.3.3. TRABAJO DE CAMPO Y RECOLECCIÓN DE MUESTRAS	40
3.3.4. MÉTODOS DE LABORATORIO	42
3.3.5. PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	43
3.3.6. MATERIALES	43
<b>3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES</b>	<b>45</b>
<b>3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO</b>	<b>45</b>
3.5.1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA	46
3.5.2. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE DATOS	47
3.5.3. METODOLOGÍA DE COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA POTABILIDAD	48

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

<b>4.1. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA.</b>	<b>52</b>
4.1.1. PARÁMETROS FÍSICOS	52
4.1.2. PARÁMETROS QUÍMICOS	54
4.1.3. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS	56
<b>4.2. EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP) DEL D.S. N° 031-2010-SA.</b>	<b>58</b>
4.2.1. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE PARÁMETROS FÍSICOS.	58
4.2.2. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE PARÁMETROS QUÍMICOS.	73
<b>4.3. DETERMINACIÓN DE CUMPLIMIENTO DEL D.S. N° 031-2010-SA E IDENTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL OBLIGATORIOS (PCO).</b>	<b>96</b>
4.3.1. PARA LOS PARÁMETROS FÍSICOS:	97
4.3.2. PARA LOS PARÁMETROS QUÍMICOS:	99
4.3.3. PARA LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS:	102
<b>4.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS.</b>	<b>104</b>
4.4.1. HIPÓTESIS FORMULADAS.	104
4.4.2. METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS	104
4.4.3. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS	105
4.4.4. DECISIÓN DE HIPÓTESIS	105
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>107</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>109</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>111</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>117</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 01:</b> Límites Máximos Permisibles(LMP)	34
<b>Tabla 02:</b> Localización política del centro poblado de Camacani.	37
<b>Tabla 03:</b> Puntos de monitoreo.	38
<b>Tabla 04:</b> Operacionalización de variables de la investigación.	45
<b>Tabla 05:</b> Presenta los resultados de laboratorio y la estadística descriptiva para los parámetros físicos determinados en los cuatro puntos de muestreo del sistema de abastecimiento de agua de Camacani, en junio de 2025.	52
<b>Tabla 06:</b> Presenta los resultados de laboratorio y la estadística descriptiva para los parámetros químicos determinados en los cuatro puntos de muestreo del sistema de abastecimiento de agua de Camacani, en junio de 2025.	54
<b>Tabla 07:</b> Presenta los resultados de laboratorio y la estadística descriptiva para los parámetros microbiológicos determinados en los cuatro puntos de muestreo del sistema de abastecimiento de agua de Camacani, junio de 2025.	56
<b>Tabla 08:</b> Resultados de Conductividad Eléctrica, Sólidos Disueltos Totales y Temperatura por punto de muestreo.	65
<b>Tabla 09:</b> Evalúa la calidad de los parámetros físicos del agua en los puntos de muestreo del sistema de abastecimiento de Camacani, comparando sus valores con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del D.S. N° 031-2010-SA, y mostrando su cumplimiento con la normativa.	97
<b>Tabla 10:</b> Evalúa la calidad de los parámetros químicos del agua en los puntos de muestreo del sistema de abastecimiento de Camacani, comparando sus valores con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del D.S. N° 031-2010-SA, y mostrando su cumplimiento con la normativa.	99

**Tabla 11:** Evalúa la calidad de los parámetros microbiológicos del agua en los puntos de muestreo del sistema de abastecimiento de Camacani, comparando sus valores con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del D.S. N° 031-2010-SA, y mostrando su cumplimiento con la normativa. 102

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 01:</b> Centro Poblado de Camacani, Platería.	36
<b>Figura 02:</b> Puntos de monitoreo captación, reservorio, vivienda media y última vivienda del sistema de distribución Camacani.	38
<b>Figura 03:</b> Niveles de Temperatura en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025.	59
<b>Figura 04:</b> Niveles de Turbiedad en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) Establecido.	62
<b>Figura 05:</b> Niveles de Conductividad en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) Establecido.	64
<b>Figura 06:</b> Niveles de Color en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) Establecido.	68
<b>Figura 07:</b> Niveles de Sólidos Totales Disueltos (STD) en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) Establecido.	70
<b>Figura 08:</b> Niveles de Cloro Residual en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) Establecido.	73
<b>Figura 09:</b> Niveles de pH en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025, y su Comparación con los Límites Máximos y Mínimos Permisibles (LMP) Establecidos.	75
<b>Figura 10:</b> Niveles de Cloruros (Cl <sup>-</sup> ) en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) Establecido.	78

<b>Figura 11:</b> Concentración de Sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreada en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) Establecido.	81
<b>Figura 12:</b> Niveles de Dureza Total (como $\text{CaCO}_3$ ) en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) Establecido.	84
<b>Figura 13:</b> Concentración de Nitratos (como $\text{NO}_3^-$ ) en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreada en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) Establecido.	87
<b>Figura 14:</b> Niveles de Coliformes Totales en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) Establecido.	90
<b>Figura 15:</b> Niveles de Coliformes Termotolerantes en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) Establecido.	93
<b>Figura 16:</b> Preparación para el Muestreo de Agua en el Reservorio de Camacani.	131
<b>Figura 17:</b> Apertura del Reservorio para Toma de Muestras en el Centro Poblado Camacani.	132
<b>Figura 18:</b> Toma de Muestra de Agua para análisis fisicoquímico en el punto de Captación (PM1) de Camacani.	133
<b>Figura 19:</b> Recolección de Muestra de Agua para Análisis Microbiológico en la Captación (PM1).	134
<b>Figura 20:</b> Toma de la Muestra de Agua para Análisis Fisicoquímico en el Reservorio de la red de distribución (PM2).	135
<b>Figura 21:</b> Recolección de Muestra de Agua para Análisis Microbiológico en el Reservorio (PM2).	136
<b>Figura 22:</b> Recolección de Muestra de Agua para Análisis Fisicoquímico en Vivienda Media (PM3).	137

<b>Figura 23:</b> Recolección de Muestra de Agua para Análisis Microbiológico en Vivienda Media (PM3).	138
<b>Figura 24:</b> Recolección de Muestra de Agua para Análisis Físicoquímico en la Última Vivienda (PM4).	139
<b>Figura 25:</b> Recolección de Muestra de Agua para Análisis Microbiológico en la Última Vivienda (PM4).	140
<b>Figura 26:</b> Medición de Cloro Residual Libre con Equipo HACH en el Reservorio de la red (PM2).	141
<b>Figura 27:</b> Entrega de Muestras de Agua en el Laboratorio para Análisis.	142

## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>Anexo 01:</b> Matriz de consistencia.	118
<b>Anexo 02:</b> Reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S. N°031-2010-SA.	119
<b>Anexo 03:</b> Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano RD-160-2015-DIGESA.	124
<b>Anexo 04:</b> Resultados de laboratorio.	129
<b>Anexo 05:</b> Registro fotográfico de la toma de muestras.	131
<b>Anexo 06:</b> Fichas de registro.	143

## RESUMEN

El presente estudio evaluó la calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani, Distrito Platería, en 2025. Su objetivo fue determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua, evaluando su cumplimiento con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del DS N°031-2010 SA y los Parámetros de Control Obligatorio (PCO) relevantes para su calidad integral. La metodología consistió en la recolección de muestras de agua en cuatro puntos del sistema de distribución: captación (PM1), reservorio (PM2), vivienda media (PM3) y última vivienda (PM4), siguiendo el protocolo establecido en la R.D. N°160-2015/DIGESA/SA. Posteriormente, las muestras fueron enviadas a laboratorio. Los resultados mostraron que los parámetros físicos (turbiedad: 0,65 UNT; conductividad: 100  $\mu$ S/cm; color: 3 UPC; sólidos totales disueltos: 0,05 mg/L) cumplieron con los límites. Para los parámetros químicos, pH (7,73), cloruros (14,89 mg/L), sulfatos (8 mg/L), dureza total (156,75 mg/L  $\text{CaCO}_3$ ) y nitratos (0,05 mg/L) también se encontraron dentro de lo permisible. Sin embargo, se identificó un incumplimiento en el cloro residual, con valor promedio de (0,00 mg/L), inferior al rango óptimo de (0,5 a 1,0 mg/L). Respecto a los análisis microbiológicos, se detectó contaminación por coliformes totales en todos los puntos muestreados (desde 160 NMP/100ml en la captación hasta 5 NMP/100ml en la última vivienda). También se hallaron coliformes termotolerantes (desde 80 NMP/100ml en la captación hasta 2 NMP/100ml en la última vivienda), excediendo el LMP de (0 NMP/100ml). En conclusión, a pesar de su buena calidad fisicoquímica, el agua en Camacani no es segura para el consumo humano debido al incumplimiento de los parámetros microbiológicos y el inadecuado nivel de desinfección, lo que representa un riesgo sanitario y grave para la población.

**Palabras Clave:** Agua, Calidad, Cloro residual libre, Coliformes termotolerantes, Contaminación microbiológica.

## ABSTRACT

The present study evaluated the quality of water for human consumption in the Camacani rural center, Platería District, in 2025. Its objective was to determine the physicochemical and microbiological parameters of the water, assessing their compliance with the Maximum Permissible Limits (LMP) of DS N°031-2010 SA and the relevant Mandatory Control Parameters (PCO) for its integral quality. The methodology consisted of collecting water samples at four key points of the distribution system: intake (PM1), reservoir (PM2), mid-dwelling (PM3), and last dwelling (PM4), following the protocol established in R.D. N°160-2015/DIGESA/SA. Subsequently, samples were sent to the laboratory. Results showed that physical parameters (turbidity: 0.65 NTU; conductivity: 100  $\mu$ S/cm; color: 3 UPC; total dissolved solids: 0.05 mg/L) complied with the limits. For chemical parameters, pH (7.73), chlorides (14.89 mg/L), sulfates (8 mg/L), total hardness (156.75 mg/L CaCO<sub>3</sub>), and nitrates (0.05 mg/L) were also within permissible values. However, a non-compliance was identified in residual chlorine, with an average value of 0.00 mg/L, significantly below the optimal range of 0.5 to 1.0 mg/L required for effective disinfection. Regarding microbiological analyses, persistent contamination by total coliforms was detected at all sampled points (from >160 MPN/100ml at the intake to 5 MPN/100ml at the last dwelling). Moreover, thermotolerant coliforms were found (from 80 MPN/100ml at the intake to 2 MPN/100ml at the last dwelling), exceeding the LMP of 0 MPN/100ml. In conclusion, despite its good physicochemical quality, water in Camacani is not safe for human consumption due to non-compliance with microbiological parameters and inadequate disinfection level, which poses an imminent and serious health risk to the population.

**Keywords:** Water, Quality, Free residual chlorine, Thermotolerant coliforms, Microbiological contamination

## INTRODUCCIÓN

Tener acceso a agua segura es un derecho fundamental y muy importante para la salud de las personas en todo el mundo (OMS, 2022). La contaminación del agua, que aumenta por las actividades humanas y la falta de buenas instalaciones, es un riesgo constante para que el agua no sea apta para beber y afecte la salud de las personas (Peng et al., 2024); (Dou et al., 2024); (Vasquez, 2024). En Perú, el Decreto Supremo N° 031-2010-SA establece los límites máximos permitidos para el agua de consumo, pero muchas comunidades, sobre todo en zonas rurales, aún tienen problemas para cumplir con estas normas. El Centro Poblado de Camacani, en Platería, es un claro ejemplo. Su sistema de agua no cuenta con cloración, lo que se evidenció al no encontrar cloro en la red. Esta falta de tratamiento expone a la población a contaminación por microbios, causando problemas gastrointestinales. Esta situación sugiere que el sistema de agua es vulnerable y podría afectar la salud de los habitantes. Por ello, es necesario evaluar la calidad del agua en Camacani para identificar las fallas y proponer soluciones basadas en datos.

La preocupación por la calidad del agua es mundial. Estudios internacionales (Álava et al., 2021); (Crespo et al., 2022) muestran que el agua de fuentes naturales varía y necesita tratamiento. En Perú, se ha visto que el agua muchas veces no cumple con los requisitos de calidad microbiana y carece de cloro, según investigaciones nacionales (Ñahui, 2023); (Ccora, 2022); (Suárez & Vargas, 2023); (Torres, 2020). En la región de Puno, varias investigaciones (Coela, 2022); (Quille, 2022); (Quispe, 2024); (Figueroa, 2024) confirman la contaminación microbiológica y la necesidad de sistemas de tratamiento para que el agua sea potable. Aunque algunos tratamientos mejoran el agua, no siempre eliminan todos los microbios hasta el límite permitido (Aguirre & Huaman, 2020), a pesar de la existencia de fuentes naturalmente limpias (R. K. Mamani, 2024). Otros estudios en Puno (Turpo, 2017) y Platería (Alcca, 2022) también encontraron coliformes, demostrando un riesgo constante. Estos antecedentes confirman que la contaminación microbiana es un problema común y que es muy importante tratar y vigilar el agua para que sea segura, justificando así este estudio en Camacani.

El objetivo de esta investigación es evaluar la calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani, distrito de Platería – 2025. Para esto, el estudio medirá los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua, y revisará si cumplen con los límites establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. El trabajo busca confirmar que el agua en Camacani no es de buena calidad para el consumo, debido a que tiene elementos que no cumplen con la ley. Así, se podrán identificar los problemas que impiden que el agua sea segura para beber.

Este informe está organizado en capítulos para evaluar la calidad del agua en Camacani. El Capítulo I: Planteamiento del Problema, Antecedentes y Objetivos de la Investigación explica la situación y los propósitos del trabajo. El Capítulo II: Marco Teórico, Conceptual e Hipótesis de la Investigación presenta las ideas clave y las hipótesis. El Capítulo III: Metodología de la Investigación detalla cómo se hizo la investigación. El Capítulo IV: Exposición y Análisis de los Resultados muestra los descubrimientos de los análisis y los compara con las normas actuales. Finalmente, el documento incluye las Conclusiones, Recomendaciones, Bibliografía y Anexos.

## CAPÍTULO I

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

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua, un elemento esencial para la existencia y el desarrollo humano, se enfrenta a una crisis global, manifestándose como un recurso cada vez más escaso y vulnerable. Su calidad y gestión para el consumo humano representan uno de los mayores desafíos en la actualidad, con un impacto significativo en la salud pública y el medio ambiente (OMS, 2022). La contaminación de los cuerpos de agua, tanto superficiales como subterráneos, es una preocupación creciente a nivel mundial. La contaminación antropogénica que deriva de actividades industriales, agrícolas y domésticas, afecta de manera considerable la calidad del agua para consumo humano en diversas zonas, incluyendo áreas urbanas y rurales (Ferro et al., 2024). Esta situación no solo compromete la disponibilidad de agua segura, sino que también genera riesgos directos para la salud humana, ya que cualquier contaminación en los cuerpos de agua superficiales puede desencadenar la bioacumulación y movilización de contaminantes en la cadena alimenticia humana (Yang et al., 2025).

A nivel global, el crecimiento exponencial de la población humana y la expansión urbana ejercen una presión sin precedentes sobre los recursos hídricos, influyendo directamente en la calidad y la disponibilidad de fuentes de agua más seguras, especialmente en zonas rurales (ONU, 2024). En regiones como Puno, esta problemática se agudiza debido a un amplio espectro de contaminaciones y la disolución de componentes tóxicos que afectan negativamente a los cuerpos de agua rurales. La escasez de agua segura y potable se

vuelve más pronunciada, incrementando la vulnerabilidad a sequías y la potencial aparición de brotes patógenos de enfermedades mortales, que comprometen gravemente la salud de la población (Goni et al., 2024). Esta situación genera la urgencia de monitorear y gestionar la calidad del agua para garantizar el bienestar de las comunidades.

El centro poblado de Camacani, situado en el distrito de Platería, no cuenta con una empresa prestadora de servicio de agua para consumo humano que garantice su potabilidad ni con un sistema de saneamiento adecuado. Ante esta deficiencia, la población se ve en la necesidad de abastecerse directamente de ojos de agua, cuya captación se realiza en un reservorio primario donde no se lleva a cabo un tratamiento del agua (Ghosh et al., 2024). Desde este reservorio, el agua es distribuida a piletas domiciliarias sin control de calidad. Esta práctica genera una presunción fundamentada de que el agua consumida por los habitantes de Camacani podría presentar altos niveles de contaminación en los parámetros fisicoquímicos y la presencia de contaminación microbiológica. Cabe señalar que, en los últimos tres años, el incremento del tránsito de camiones en las carreteras no asfaltadas ha generado una considerable cantidad de polvo sobre todo en las temporadas secas, afectando el ambiente y la calidad del aire, lo cual suma a la preocupación por la higiene general y el potencial impacto en las fuentes de agua de la comunidad.

La situación descrita en Camacani es crítica, ya que la ausencia de tratamiento y el uso de una fuente sin monitoreo sistemático exponen a la población a diversos riesgos para la salud, incluyendo enfermedades diarreicas agudas y otras afecciones relacionadas con el consumo de agua no segura. La presunta contaminación se manifestaría no solo en los parámetros de control obligatorio (PCO) establecidos por el Decreto Supremo N° 031-2010-SA (Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano), sino también en otros indicadores cruciales que en conjunto con los PCO hacen potable al agua, tales como: temperatura, turbiedad, pH, cloro residual, conductividad, color, sólidos totales disueltos, cloruros, sulfatos, dureza total y nitratos. Estos parámetros son considerados

fundamentales para determinar la potabilidad y aptitud para el consumo humano, basándose en la normativa vigente (DS 031-2010-SA), tal como se ha demostrado en monitoreos de manantiales de agua en la región de Puno (Figuroa, 2024).

La utilidad de esta investigación es innegable, dado que los resultados generarán información vital para la toma de decisiones por parte de las autoridades sanitarias locales y distritales de Camacani. Permitirá identificar los riesgos sanitarios específicos a los que está expuesta la población y fundamentar la necesidad de implementar medidas correctivas urgentes, como la instalación de sistemas de tratamiento de agua o la mejora de la infraestructura existente. Asimismo, los hallazgos servirán como línea base para futuros monitoreos y para el diseño de programas de educación sanitaria en la comunidad. Este estudio contribuirá a sentar las bases para la gestión de recursos hídricos en zonas rurales con características similares.

#### **1.1.1. PROBLEMA GENERAL**

¿Cuál será la calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani, distrito de Platería – 2025?

#### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Cuál será la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani, distrito de Platería - 2025?

- ¿El agua para consumo humano en Camacani cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del DS N° 031-2010-SA, considerando los Parámetros de Control Obligatorio (PCO) y otros relevantes para su calidad integral?

### **1.2. ANTECEDENTES**

#### **1.2.1. A NIVEL INTERNACIONAL**

Álava et al. (2021) en su estudio tuvieron como objetivo evaluar la calidad del agua para consumo humano en la cuenca baja del río Lelia, en Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. La metodología fue de enfoque cualitativo de nivel descriptivo con diseño no experimental, su población fue no probabilística. Como resultado se evidenció que la

calidad del agua del río Lelia varía por estación y actividad humana, siendo buena en verano y regular a mala en invierno, por lo que requiere tratamiento antes de su consumo y medidas de mitigación empleando biodigestores y fitorremediación. En conclusión, la calidad del agua del Río Lelia es buena en su mayoría, pero se ve afectada en invierno por factores climáticos y contaminación, pudiendo mejorarse con tratamientos y manejo adecuado.

Navarro et al. (2024), en su investigación tuvieron como objetivo evaluar la calidad del agua envasada para consumo humano en la ciudad de Villavicencio (Colombia), mediante el análisis de características fisicoquímicas y microbiológicas. La metodología tuvo un enfoque mixto de nivel descriptivo y correlacional con diseño no experimental. La población fue de 52 empresas. La muestra fue un total de 21 empresas. Como resultado el 98 % de las muestras de agua envasada cumplen con la normativa colombiana, presentando valores permitidos en pH, cloruros, dureza, nitratos, nitritos, turbiedad, sólidos totales, sodio, manganeso y hierro, aunque con variabilidad entre marcas. En conclusión, el agua envasada en Villavicencio cumple con la normativa y es apta para el consumo.

Crespo et al. (2022), en su investigación cuyo objetivo principal fue evaluar la calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Yamanigüey, mediante el índice de calidad del agua. La investigación realizada tuvo un enfoque mixto de nivel descriptivo con diseño no experimental y una población de carácter no probabilístico. Los resultados señalan que el 100 % de las muestras en Yamanigüey tuvieron calidad aceptable según los índices de calidad de agua, pero ninguna fue potable, debido a la contaminación y las malas condiciones sanitarias, por lo que requieren tratamiento y control. En efecto los índices de calidad de agua clasifican las aguas de Yamanigüey como aceptables; sin embargo, la calidad bacteriológica en los pozos requieren un proceso de purificación y tratamiento para ser seguras como agua potable saludable.

### 1.2.2. A NIVEL NACIONAL

Ñahui (2023), en su investigación tuvo como objetivo analizar la calidad de agua para el consumo humano en el distrito de Yauli, Huancavelica - 2023. La metodología aplicada fue de enfoque mixto de nivel descriptivo con diseño no experimental, su población de estudio fue de 4 centros poblados, la muestra implicó la misma totalidad de la población. Los resultados demuestran que todos los centros poblados de Yauli cumplen los parámetros fisicoquímicos, sin embargo, solo el 50% cumple con la calidad microbiológica, siendo Villa Hermoza y Torreccacca, donde el agua no es apta para consumo humano debido a la presencia bacteriana. En conclusión, los centros poblados cumplen con los parámetros de calidad del agua, siendo aptos para el consumo, mientras que Villa Hermoza y Toreccacca no son aptos por presencia de coliformes.

Ccora (2022), en su investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua para consumo humano de la localidad de Acobamba, comparado con los límites máximos permisibles. La investigación fue de tipo aplicada de nivel descriptivo con diseño no experimental, la población fue no probabilística. Los resultado obtenidos demuestran que en el PM-01 y PM-02 superaron los límites en coliformes totales y parámetros organolépticos, mientras PM-03, PM-04 y PM-05 cumplieron al 100% con la normativa; el pH fue adecuado en todos los puntos y el cloro residual fue 0 mg/L en PM-02. En conclusión, el agua de Acobamba es apta para consumo humano, excepto el PM-03, ya que no cumple con la normativa ambiental.

Suárez & Vargas (2023), su objetivo de investigación fue evaluar la calidad del agua para consumo humano y la relación con la gestión de los sistemas de abastecimiento en la zona urbana del distrito de San Marcos. La metodología es de enfoque mixto de nivel descriptivo con diseño no experimental. La población fue no probabilística. Los resultados obtenidos demuestran que el 87.5% de las muestras no tiene cloro residual y el 100% de viviendas en Huallanca y Garrapatac presentan contaminación; en Tucuhuaganan el 50% supera turbidez y existe presencia de plomo; Lucmapampa no tiene contaminación, pero

sí falta de cloro. En conclusión, la gestión de la calidad del agua es deficiente, lo cual influye directamente en su mala calidad y la salud de la población.

Torres (2020), en su investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua de consumo humano del centro poblado de Pomalca del distrito de Soritor, Moyobamba. La investigación fue de enfoque mixto de diseño no experimental con nivel descriptivo. La población fue no probabilística. Los resultados obtenidos demuestran que los parámetros físico-químicos cumplieron con los LMP con variaciones entre 8,47% y 84,72%. El cloro fue insuficiente al inicio (60%); en la parte microbiológica, varios parámetros superaron los límites, con variaciones de 4,75% a 7,3%. En conclusión, el agua de Pomalca fue no apta al inicio del monitoreo, pero en enero cumplió los LMP, siendo la turbiedad el único parámetro con variación significativa.

Aguirre & Huaman (2020), en su estudio denominado “Mejoramiento de la calidad del agua, para lograr condiciones de salubridad mediante cloración por goteo: centro poblado Camjata, Puno”, tuvieron como objetivo determinar la influencia de la técnica de cloración por goteo para mejorar la calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Camjata, Moho, Puno. La metodología de investigación fue de tipo descriptiva, y cuantificó variables como altura de llenado, goteo experimental, concentración de desinfectante, cloro residual, temperatura, pH y coliformes termotolerantes. Los resultados indicaron que se requiere hipoclorito de calcio con una pureza de solución de 1.0 mg/L para lograr un cloro residual de al menos 0.5 mg/L en el domicilio final, con un pH medio de 7.2 y una cantidad de coliformes termotolerantes de 1.8 UFC/100mL, obedeciendo las normas y avalando la calidad del agua. En conclusión, la aplicación de la cloración por goteo es efectiva para mejorar la calidad del agua y lograr condiciones de salubridad en la comunidad, lo que sugiere su viabilidad como solución para el consumo humano.

### **1.2.3. A NIVEL LOCAL**

Coela (2022), en su investigación tuvo como objetivo evaluar el nivel de la calidad del agua en la zona de confluencia de los ríos Torococha y Coata, Caracoto, San Román,

Puno. La investigación fue de enfoque cuantitativo de nivel descriptivo con diseño no experimental. La población fue no probabilística. Los resultados evidencian que en la cuenca del Lago Titicaca, parámetros como DBO, coliformes fecales, conductividad y DQO superan los límites, mientras que los cloruros, fluoruro, arsénico, cadmio, cobre y mercurio están dentro de los LMP. En conclusión, el agua de los ríos Torococha y Coata está contaminada, superando los límites en varios parámetros, lo que la hace no apta para consumo, lo cual pone en peligro la salud de la población.

Quille (2022), en su estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad de aguas subterráneas para consumo humano en zonas de expansión noroeste de la ciudad de Juliaca, 2021. La metodología fue de enfoque cuantitativo de tipo aplicada de nivel descriptivo con diseño no experimental. La población fue de 3078 pozos. La muestra fue un total de 7 pozos. Los resultados evidenciaron que las aguas subterráneas del norte de Juliaca superan los límites permitidos de contaminación microbiológica, con coliformes totales entre 10,154 y 22,000 NMP/100mL, y *Escherichia coli* entre 3.9 y 7.8 NMP/100mL, mucho más alto que el límite de 1.8 NMP/100mL; de manera que se requiere tratamiento de filtración y desinfección para potabilizar. En conclusión, las aguas subterráneas de Juliaca no son aptas para consumo, pero pueden ser potabilizadas con un sistema de tratamiento.

Quispe (2024) en su investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad de agua subterránea para consumo humano en la comunidad Carata, distrito de Coata. La investigación fue de enfoque mixto de nivel descriptivo con diseño no experimental. La población fue no probabilística. Los resultados demuestran que el 100 % de las muestras cumplen con los límites para boro, bario, berilio, cadmio, cromo, cobre, mercurio, molibdeno y níquel; el 80 % cumple para arsénico y manganeso; el 60 % para hierro; el 40 % para fósforo; y solo el 20 % cumple con el estándar de aluminio y sodio, lo que evidencia la necesidad de tratamiento previo en ciertos casos para garantizar la potabilidad del agua. En conclusión, las aguas subterráneas de la comunidad de Carata no son aptas, pero pueden potabilizarse con carbón activado (>94 % coliformes), zeolitas (47.56 % arsénico) y filtros de arena, siendo una solución viable y accesible.

Turpo (2017), en su investigación tuvo como objetivo 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 Puno, comparándolos con los Estándares de Calidad Ambiental - Categoría 4 y los Límites Máximos Permisibles para consumo humano. La metodología se basó en un estudio descriptivo no experimental. Los resultados evidenciaron que las aguas de ambos puntos no cumplen con todos los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles. Específicamente, se encontró que la conductividad eléctrica excedía el ECA (promedio de 1396  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y el sulfato excedía el LMP (promedio de 328 mg/L), mientras que los coliformes totales se excedieron en el mes de junio con un valor de 2.3 NMP/100ml. Se determinó que, aunque algunos parámetros cumplen, la diferencia entre las aguas crudas y tratadas no fue significativa en la mayoría de variables, siendo el tratamiento ineficiente. En conclusión, el agua evaluada no cumple con la calidad óptima necesaria para el consumo humano, lo que indica la necesidad de mejorar el tratamiento.

Figuroa (2024), en su estudio evaluó la calidad del agua de manantiales para consumo humano en la urbanización Villa Santa Rosa, Puno, en comparación con los LMP del D.S. N° 031-2010-SA. La metodología incluyó la recolección de muestras de dos manantiales (Cancharani y Santa Rosa) y el análisis de parámetros fisicoquímicos (color, turbidez, conductividad eléctrica, pH, cloruros, sulfatos, dureza total, nitratos) y microbiológicos (coliformes totales y termotolerantes). Los resultados evidenciaron que, si bien la calidad fisicoquímica era aceptable (ej., turbidez Cancharani: 4.37 NTU, Santa Rosa: 0.72 NTU; pH Cancharani: 6.58, Santa Rosa: 6.30), ambos manantiales presentaron contaminación microbiológica por coliformes totales (4 UFC/100 mL), lo que las hacía no aptas para el consumo humano sin un previo tratamiento de desinfección.

Alcca (2022), en su investigación tuvo como objetivo evaluar la concentración de los parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua para consumo humano de los manantiales Quipata-Totorpujo, Plaza de Armas, Estadio y Jjaquejihuata, ubicados en el distrito de Platería, Puno. La metodología fue un estudio no experimental con diseño

descriptivo, que incluyó la toma de muestras en cuatro puntos de monitoreo para evaluar 38 parámetros fisicoquímicos y 5 microbiológicos, comparándolos con el ECA - D.S. N° 004-2017-MINAM. Los resultados evidenciaron que solo un parámetro fisicoquímico cumplía con la normativa, y ninguno de los microbiológicos lo hacía. Se encontraron incumplimientos específicos como niveles elevados de Oxígeno Disuelto, Fósforo Total, Amoníaco-N, Arsénico, Hierro, Manganeso, Demanda Química de Oxígeno, y altas concentraciones de Coliformes Totales y *Escherichia coli* en varios manantiales. En conclusión, el agua de los manantiales evaluados no cumple con los estándares de calidad ambiental y no es apta para el consumo humano.

Mamani (2024), en su investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua en pozos artesianos para consumo humano en la parcialidad de Lequene, ubicada en el distrito de Platería, Puno, conforme al D.S. N° 031-2010-SA. La metodología utilizada fue de tipo descriptiva, con diseño no experimental y enfoque deductivo-cuantitativo. La población de estudio se conformó por 5 pozos. Los resultados mostraron que 9 parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad eléctrica, dureza total, sólidos totales disueltos, turbidez, sulfatos y alcalinidad) cumplieron con los Límites Máximos Permisibles. Sin embargo, se encontraron niveles elevados de cloruros en algunos pozos (ej., pozo M-01 con 328.76 mg/L y pozo M-03 con 634.20 mg/L), lo que podría representar un riesgo para la salud. En cuanto a los parámetros microbiológicos, no se encontraron coliformes fecales ni totales, indicando una baja carga bacteriana y bajo riesgo de contaminación fecal. En conclusión, el agua de los pozos artesianos en Lequene es, en general, apta para el consumo humano, aunque los niveles elevados de cloruros en algunos pozos requieren atención y se recomienda monitoreos periódicos y medidas preventivas.

Machaca (2024), en su estudio denominado “Análisis de la Calidad de Agua Potable en el sector de Patallani, distrito de Paucarcolla - Puno”, tuvo como objetivo analizar y comparar si el agua potable cumple con los ECA establecidos en el D.S. 004-2017 MINAM para parámetros físico-químicos y microbiológicos. La metodología fue de tipo

descriptivo, y consistió en tomar muestras de agua en cuatro puntos: captación (PM1), reservorio (PM2), vivienda media (PM3) y última vivienda (PM4). Para los análisis físico-químicos se utilizó el método de la NTP y Standard Methods, y para los microbiológicos, el método de NMP y recuento estándar en placa. Los resultados indicaron que los parámetros físico-químicos de todos los puntos cumplieron con los límites establecidos. Sin embargo, para los parámetros microbiológicos, solo el reservorio (PM2) cumplió con los límites permitidos para coliformes totales ( $\leq 50$  NMP/100 ml) y bacterias heterotróficas ( $\leq 500$  UFC/ml). La captación, vivienda media y última vivienda (PM1, PM3 y PM4) superaron estos límites, indicando contaminación. En conclusión, los parámetros físico-químicos son aceptables, pero la calidad microbiológica del agua en la captación y puntos de distribución no es apta para consumo, presentando niveles elevados de coliformes totales y bacterias heterotróficas.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani, distrito de Platería – 2025.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar los parámetros físicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani, distrito de Platería - 2025.
- Evaluar el cumplimiento de los límites máximos permisibles (LMP) del DS N° 031-2010-SA, considerando los parámetros de control obligatorio (PCO) y otros relevantes para su calidad integral.

## CAPÍTULO II

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

#### 2.1. MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1. MARCO REFERENCIAL

###### 2.1.1.1. Calidad del agua

La calidad del agua es fundamental para la supervivencia y el desarrollo humano, dado que está estrechamente vinculada a los patrones paisajísticos circundantes, los cuales desempeñan un papel importante en la generación, el transporte y la transformación de contaminantes de fuentes no puntuales que tienen un impacto significativo en la calidad del agua de los ríos (Peng et al., 2024). Asimismo, las actividades humanas han provocado una transformación significativa de los paisajes naturales a antropogénicos, lo que lleva a crisis ambientales hídricas que ponen en peligro los ecosistemas acuáticos (Dou et al., 2024).

###### 2.1.1.2. Indicadores de calidad

El uso de insectos acuáticos como indicadores biológicos se basa en su diversidad, abundancia y distribución en diferentes hábitats. La presencia o ausencia de estos organismos indicadores ayudará a determinar el nivel de influencia negativa en el ecosistema y el peligro futuro para otros organismos vivos. Algunos insectos acuáticos son extremadamente sensibles a la contaminación, mientras que otros tienen la capacidad de sobrevivir en condiciones contaminadas y hábitats alterados. Son excelentes monitores para detectar la intervención humana y evaluar la calidad del hábitat en un sistema fluvial (Chakravarty & Gupta, 2024).

###### 2.1.1.3. Agua para consumo humano

El agua subterránea tiene ventajas en comparación con el agua superficial ya que tiene una amplia distribución, buena estabilidad, regulación natural, buena calidad, necesita poco tratamiento y tiene disponibilidad espacial. Por otro lado, los acuíferos son difíciles de explotar y acceder; sin embargo, los hace menos vulnerables a la contaminación. El crecimiento de la población y la contaminación de las aguas superficiales provocan un aumento en el consumo de agua subterránea. En comparación con el agua superficial, el agua subterránea tiene mayor disponibilidad durante las sequías y mejor calidad (Seben et al., 2023).

#### **2.1.1.4. Parámetros fisicoquímicos**

Los parámetros fisicoquímicos proporcionan una amplia visión sobre la composición química del agua y sus características físicas, aunque no revelan cómo afectan a los organismos acuáticos. Por otro lado, los métodos biológicos ofrecen datos sobre este impacto, pero no identifican los contaminantes específicos involucrados. Por ello, muchos especialistas sugieren que se utilicen ambos enfoques para evaluar la calidad del agua (Boussaha et al., 2024).

#### **2.1.1.5. Parámetros microbiológicos**

Los problemas de salud más comunes asociados con el agua para consumo humano son las enfermedades contagiosas causadas por organismos nocivos como bacterias, virus y parásitos (Ejemplos tenemos como protozoos y helmintos). El impacto en la salud de las personas depende de la severidad de las enfermedades causadas por estos organismos, de su capacidad de transmisión y de la población en riesgo (Vasquez, 2024).

#### **2.1.1.6. Contaminación del agua**

El sistema de agua dulce, como el sistema más importante de la litosfera, se ha visto seriamente amenazado por muchos contaminantes, como microplásticos, metales pesados y sustancias tóxicas. El agua de actividades antropogénicas es una fuente importante de metales pesados que contaminan las aguas superficiales y subterráneas, lo que plantea graves amenazas al medio ambiente ecológico y a la salud humana. Por ejemplo, se han identificado elementos cancerígenos como HAP, As, Cd, Pb, Hg, entre

otros, en las cuencas fluviales debido a la minería de carbón y las actividades industriales (Shujun et al., 2024).

#### **2.1.1.7. Redes de distribución**

Una red de distribución se refiere al sistema que lleva el agua desde la instalación de tratamiento o del tanque de almacenamiento hasta el punto de servicio, donde los usuarios pueden acceder a ella, ya sea a través de un grifo comunitario o conexiones en sus hogares. El objetivo de estos sistemas es proteger tanto la calidad como la cantidad de agua disponible, además de asegurar que haya suficiente presión en su distribución. En esencia, se trata de una serie de tuberías, válvulas y otros elementos (L. R. Pérez, 2024).

#### **2.1.1.8. Tratamiento básico**

En el proceso de tratamiento básico del agua destinada al consumo humano, se emplean diversos métodos, cuya complejidad se ajusta a las propiedades específicas del agua cruda. Este tratamiento busca principalmente la eliminación de microorganismos patógenos y sustancias tóxicas, con el fin de garantizar que el agua sea segura para su consumo y otros usos (OMS, 2017).

### **2.1.2. MARCO CONCEPTUAL**

#### **2.1.2.1 Color**

El color del agua es una propiedad organoléptica clave para su calidad y aceptabilidad, aunque su naturaleza subjetiva dificulta una definición simple. Se diferencia el color aparente (sustancias disueltas y suspendidas) del color real (solo disueltas), siendo este último relevante para el análisis filtrado. El color en aguas naturales usualmente proviene de materia orgánica (húmicas) o iones metálicos (hierro/manganeso), mientras que en aguas residuales se asocia a desechos industriales. A pesar de no ser un riesgo directo para la salud, su monitoreo es crucial. Un cambio de color puede indicar problemas serios (Osorio & Martínez, 2018).

#### **2.1.2.2. Temperatura**

Es una medida del agua que puede influir considerablemente en la calidad del agua, dado que afecta a otras características y procesos que ocurren en ella, como la viscosidad, la disolución de gases y sales, las funciones biológicas de los seres vivos que provocan cambios en su metabolismo, y el crecimiento de algunos microorganismos (F. J. Mamani, 2024).

#### **2.1.2.3. Conductividad**

Es un parámetro crucial para evaluar su calidad, dado que refleja la concentración total de iones disueltos, lo cual influye directamente en su potabilidad y aptitud para diversos usos (Cremona & Enriquez, 2020). Además Cremona & Enriquez (2020) aseguran que el manejo inadecuado del riego o el uso excesivo de fertilizantes, que incrementan la salinidad del suelo, pueden contribuir a la lixiviación de iones al agua, elevando su conductividad y potencialmente comprometiendo su calidad para el consumo humano.

#### **2.1.2.4. Turbiedad**

Este parámetro evalúa los sólidos suspendidos de manera indirecta mediante la reducción de un rayo de luz que entra, observado a través de una muestra acuática. Mientras mayor sea la turbidez del agua, más luz se bloquea, lo que modifica la medición final de turbidez. La cantidad de sólidos en suspensión (mg/l) nos muestra los sólidos que permanecen tras filtrar a través de un tamiz de 45  $\mu\text{m}$  (Sima & Castro, 2024).

#### **2.1.2.5. Cloro Residual**

El cloro residual se refiere a la cantidad de cloro que permanece en el agua después de un período de contacto suficiente para desinfectarla (OMS, 2017). La presencia de cloro residual en la red de distribución es un indicador fundamental de la calidad sanitaria del agua, ya que asegura la persistencia del efecto desinfectante y previene el crecimiento de microorganismos patógenos desde el punto de tratamiento hasta el punto de consumo (Pérez & Ramos, 2018)

La Organización Mundial de la Salud (2017) subraya que la presencia adecuada de cloro libre residual en el sistema de agua potable es crucial para asegurar la continuidad de la desinfección a lo largo de toda la red de distribución. Este nivel de cloro debe ser

suficiente para proteger el agua contra una posible recontaminación, sin exceder, no obstante, las concentraciones que puedan generar problemas indeseables de sabor u olor, o la formación de subproductos de desinfección perjudiciales.

Pérez & Ramos (2018) complementan esta información, destacando que el monitoreo constante del cloro residual permite a las autoridades sanitarias y operadoras de sistemas de agua garantizar que el agua que llega a los consumidores es segura para el consumo humano. La variación en los niveles de cloro residual puede indicar problemas en el proceso de tratamiento, fugas en la red, o un consumo excesivo de cloro debido a la presencia de materia orgánica o contaminantes.

#### **2.1.2.6. pH**

El pH en el agua es un indicador importante sobre la acidez o alcalinidad, medido en una escala de 0 a 14, de manera que el agua se encuentra con un pH 7 en estado neutro, valores inferiores a 7 indican acidez y superiores a 7 alcalinidad. Por otro lado, el pH afecta la solubilidad de sustancias y la disponibilidad de nutrientes para los organismos acuáticos, así como la eficiencia de procesos como la coagulación y la desinfección en el tratamiento del agua (Guevara & Cerna, 2024).

#### **2.1.2.7. Sólidos totales disueltos**

Constituyen un parámetro fundamental en la evaluación de la calidad del agua, representando la sumatoria de todas las sustancias inorgánicas y orgánicas que se encuentran en estado disuelto en ella. Esta composición incluye una diversidad de elementos como minerales, sales, metales y partículas orgánicas (Barrionuevo, 2024). La presencia de STD en el agua puede deberse a diversas fuentes, tanto de origen natural, como la disolución de rocas y componentes del suelo, como de actividades antropogénicas, tales como las prácticas agrícolas o los propios procesos de potabilización del agua (OMS, 2017). La cuantificación de los STD proporciona, por tanto, una visión integral de la composición química del agua, siendo un indicador clave para determinar su calidad general y su aptitud para el consumo humano.

#### **2.1.2.8. Cloruros**

Su presencia en concentraciones elevadas puede ser un indicador de contaminación, aunque por sí mismo no compromete directamente la potabilidad del agua. Los niveles de cloruro varían significativamente en fuentes naturales, y el aumento de su concentración se asocia a menudo con la actividad humana. Un alto contenido de cloruros confiere al agua una salinidad distintiva y fácilmente detectable (García & Prokopiuk, 2017).

#### **2.1.2.9. Sulfatos**

Son aniones comunes en el agua, con origen tanto natural (disolución de minerales) como antropogénico (actividad minera, emisiones de dióxido de azufre por combustibles diésel) . Su relevancia en el agua para consumo humano radica en su impacto en la salud y la infraestructura. Concentraciones elevadas (superiores a 100 mg/L de sulfato de sodio y magnesio) pueden inducir un efecto laxante, especialmente en niños y adultos mayores, pudiendo causar deshidratación con ingestas elevadas. Asimismo, niveles sobre 200 mg/L afectan el sabor y promueven la corrosión de metales en tuberías, incrementando la posible liberación de plomo . Por ello, el control de los sulfatos es crucial para asegurar la aceptabilidad organoléptica y la seguridad del agua potable (Bolaños et al., 2017).

#### **2.1.2.1.0. Nitratos**

Son compuestos solubles esenciales para el crecimiento vegetal y ampliamente utilizados como fertilizantes, aunque son parte del ciclo natural del nitrógeno, las actividades humanas, principalmente la agricultura intensiva y vertidos industriales/urbanos, elevan sus concentraciones en suelos y aguas. En el agua potable, el exceso de nitratos es una preocupación de salud pública debido a su capacidad para causar metahemoglobinemia, especialmente en lactantes, reduciendo el transporte de oxígeno en la sangre, en los órganos y tejidos de todo el cuerpo, con daños en ellos e incluso pudiendo ocasionar la muerte (Bolaños et al., 2017).

#### **2.1.2.1.1. Dureza total**

Es un indicador clave de la calidad del agua, que se define por la concentración de iones calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) y magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), los cuales provienen principalmente del contacto del agua con rocas calizas. Aunque generalmente no es un riesgo para la salud, la alta

dureza genera inconvenientes domésticos e industriales, como la formación de incrustaciones en tuberías, utensilios y calderas, y un mayor costo en procesos como el teñido. Su cuantificación en laboratorio se realiza por complexometría con EDTA. Controlar la dureza es fundamental para la operatividad de las infraestructuras y la aceptabilidad del agua para consumo y uso (Capote et al., 2015).

#### **2.1.2.1.2. Coliformes totales**

Se describen como bacterias en forma de bastón que son Gram negativas, capaces de fermentar lactosa a temperaturas entre 35 y 37 grados Celsius, generando ácido y gas (dióxido de carbono) en un periodo de 24 horas. Pueden vivir en presencia o ausencia de oxígeno, son negativas para la prueba de oxidasa, no producen esporas y tienen actividad enzimática (Amarilla et al., 2018).

#### **2.1.2.1.3. Coliformes termotolerantes**

Son aquellas que se incluyen en el grupo previo (coliformes totales), las cuales tienen la capacidad de fermentar la lactosa, generando ácido y gas a 44°C, en un periodo que no exceda 24 horas (Amarilla et al., 2018).

### **2.1.3. MARCO NORMATIVO**

#### **2.1.3.1. Constitución Política del Perú (1993)**

Esta norma fundamental, promulgada en 1993, sienta las bases para el derecho a la salud y a un ambiente equilibrado, principios que sustentan toda la legislación posterior sobre la protección y calidad del agua para consumo humano en el país.

#### **2.1.3.2. Ley General de Salud – Ley N° 26842 (1997)**

La Ley N° 26842 establece el marco para la gestión y vigilancia sanitaria de la calidad del agua, regulando el control y supervisión de los sistemas de abastecimiento destinados al consumo humano. Es la norma que define las responsabilidades para asegurar la potabilidad del agua.

#### **2.1.3.3. Ley de Recursos Hídricos – Ley N° 29338 (2009)**

Promulgada en 2009, esta ley rige la gestión integrada de los recursos hídricos. Es relevante porque clasifica los cuerpos de agua, incluyendo aquellos para potabilización, y enmarca la protección de las fuentes hídricas naturales.

**2.1.3.4. Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua – D.S. N° 004-2017-MINAM (2017)** Este Decreto Supremo, aprobado en 2017 por el MINAM, define los estándares de calidad para las fuentes hídricas naturales, relevantes para la calidad del agua antes de su potabilización.

**2.1.3.5. Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano – D.S. N° 031-2010-SA (2010)**

Constituye el marco normativo central para esta investigación. Este reglamento, emitido por el Ministerio de Salud, define los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos que el agua debe cumplir para ser considerada apta para consumo humano en el Perú. Específicamente, el Artículo 63° establece los parámetros de control obligatorio para garantizar la calidad del agua distribuida.

### 2.1.3.5.1. Límites Máximos Permisibles (LMP) según D.S. N° 031-2010-SA

**Tabla 01:** Límites Máximos Permisibles(LMP)

PARÁMETRO	UNIDAD	LMP
Turbiedad	UNT	5
Conductividad	μS/cm	1500
Color	UCV escala Pt/Co	15
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000
Cloro residual libre	mg Cl <sub>2</sub> /L	0.5 - 1.0 (máximo 5.0)
pH	Valor de pH	6.5 a 8.5
Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> /L	250
Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> /L	250
Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	500
Nitratos	mg NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /L	50
Coliformes totales	UFC/100 mL	Ausencia (0)
Coliformes termotolerantes	UFC/100 mL	Ausencia (0)

**Fuente:** Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano Decreto Supremo N°031- 2010-SA.

### 2.1.3.6. Protocolo de Procedimientos para la Toma de Muestras, Preservación, Conservación, Transporte, Almacenamiento y Recepción de Agua para Consumo Humano (R.D. N° 160-2015/DIGESA/SA)

Este protocolo, aprobado por la Resolución Directoral N° 160-2015/DIGESA/SA de DIGESA (2015), guía los procedimientos estandarizados de muestreo, asegurando la confiabilidad de los datos de calidad del agua para análisis de consumo humano.

## **2.2. HIPÓTESIS**

### **2.2.1. HIPÓTESIS GENERAL**

No existe una buena calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani, distrito de Platería – 2025.

### **2.2.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

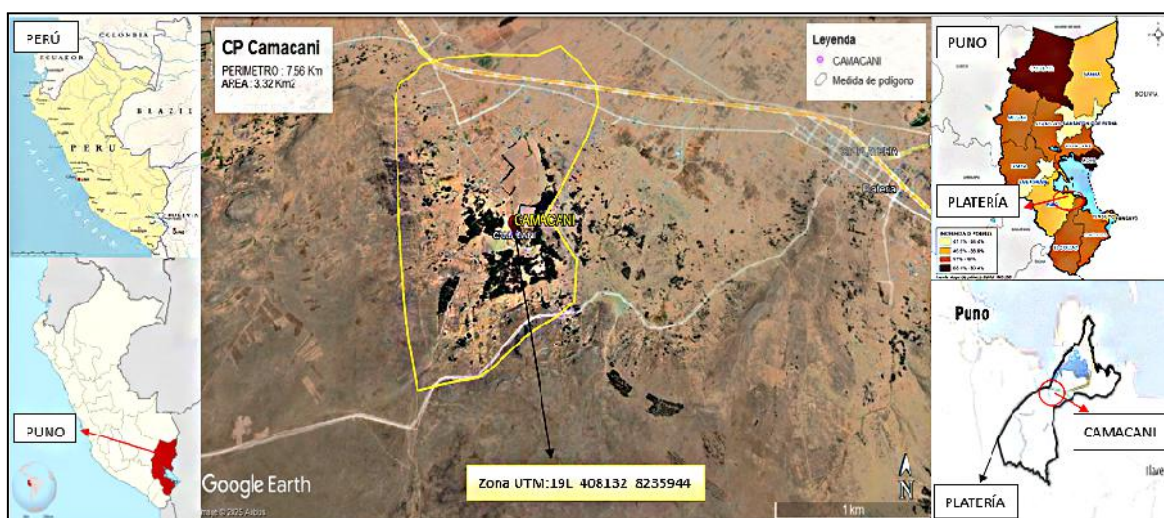
- Existe una alta concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani, distrito de Platería-2025.
- El agua para consumo humano en Camacani no cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del DS N° 031-2010-SA, considerando los Parámetros de Control Obligatorio (PCO) y otros relevantes para su calidad integral.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio está ubicada en el centro poblado de Camacani, perteneciente al distrito de Platería, en coordenadas geográficas WGS84 zona 19 L, por el Este 408132 y por el Sur 8235944 a una altitud de 3827 msnm.



**Figura 01:** Centro Poblado de Camacani, Platería.

**Fuente:** Google Earth Pro

#### 3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El centro poblado de Camacani está ubicado geográficamente en el distrito de Platería, provincia de Puno, departamento de Puno en el sureste del Perú, específicamente en la meseta del collao, a orillas del Lago Titicaca.

#### 3.1.2. UBICACIÓN POLÍTICA

El centro de poblado de Camacani políticamente está ubicado en:

**Tabla 02:** Localización política del centro poblado de Camacani.

---

**Localización política del CCPP Camacani**

---

País	:	República del Perú
Departamento	:	Puno
Provincia	:	Puno
Distrito	:	Platería
CCPP	:	Camacani
Cuenca	:	Lago Titicaca

---

**Fuente:** Elaboración propia.

### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.2.1. POBLACIÓN**

En el campo de la investigación, la población se refiere al conjunto total de individuos, eventos o elementos que poseen características comunes y que son objeto de estudio (Vizcaíno et al., 2023). En ese sentido, la población para el siguiente estudio es el sistema de distribución de agua para consumo humano del centro poblado Camacani.

#### **3.2.2. MUESTRA**

Son los puntos estratégicos de toma de muestras, recolectadas mediante el diseño de muestreo no probabilístico, se siguió los criterios de Machaca (2024) donde los puntos de monitoreo serán la captación (PM1), reservorio (PM2), las piletas de la vivienda media (PM3) y la última vivienda (PM4).

**Tabla 03:** Puntos de monitoreo.

PUNTOS DE MUESTREO	UBICACIÓN (UTM)
PM1	19L 407654 8235024
PM2	19L 407690 8235600
PM3	19L 408014 8236402
PM4	19L 408423 8237579

**Fuente:** elaboración propia.



**Figura 02:** Puntos de monitoreo captación, reservorio, vivienda media y última vivienda del sistema de distribución Camacani.

**Fuente:** Google Earth Pro

### 3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

**Tipo de investigación:** El estudio es de tipo descriptivo, buscando caracterizar y detallar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del agua en el centro poblado Camacani, sin establecer relaciones causales.

**Diseño de investigación:** El diseño es no experimental, ya que la investigación se limitó a observar y analizar las características existentes del agua, sin manipulación ni intervención de variables.

### 3.3.1. MÉTODO DE MUESTREO DE AGUA

**Método:** El trabajo de investigación se estructuró en dos fases principales:

**1. Definición y ejecución de la metodología de muestreo:** La metodología de muestreo se aplicó siguiendo los procedimientos, criterios de preservación y cadena de custodia establecidos en el "Protocolo de Procedimientos para la Toma de Muestras, Preservación, Conservación, Transporte, Almacenamiento y Recepción de Agua para Consumo Humano", aprobado por la Resolución Directoral N° 160-2015-DIGESA/SA. La recolección de muestras se realizó en cuatro puntos estratégicos predefinidos del sistema de abastecimiento de agua del centro poblado Camacani, de acuerdo a Machaca (2024):

- **PM1:** Captación (Ojo de Agua "UMA JALSU").
- **PM2:** Reservorio.
- **PM3:** Grifo domiciliario de una vivienda en la zona media del sistema de distribución.
- **PM4:** Grifo domiciliario de la última vivienda del sistema de distribución.

**2. Determinación de los parámetros de evaluación de la calidad del agua:** Para la evaluación de la calidad del agua, se definieron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos específicos. La selección de estos indicadores se realizó en estricta concordancia con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por el Decreto Supremo N° 031 (2010) para agua de consumo humano. La relevancia de estos parámetros para determinar la potabilidad y aptitud del agua se fundamenta en su importancia crucial para monitorear la calidad y asegurar la inocuidad del recurso (Figueroa, 2024).

Los parámetros evaluados incluyeron:

- **Fisicoquímicos:** Temperatura, Turbiedad, Conductividad Eléctrica, Color, Sólidos Totales Disueltos (STD), pH, Cloruros, Sulfatos, Dureza Total y Nitratos.
- **Microbiológicos:** Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes.

Adicionalmente, y de conformidad con el Artículo 63 del Decreto Supremo N° 031 (2010), se incluyeron los **Parámetros de Control Obligatorio** (PCO) por su relevancia específica para los objetivos de esta investigación: Color, Turbiedad, Cloro Residual, pH, Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes.

### 3.3.2. DISEÑO DEL MONITOREO Y SELECCIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

En esta fase inicial, se definió el plan de monitoreo en concordancia con los lineamientos para el muestreo de agua para consumo humano.

- **Identificación de Puntos de Muestreo:** Se establecieron cuatro (4) puntos de muestreo específicos (PM1, PM2, PM3, PM4) en el sistema de distribución de agua del centro poblado Camacani, según los criterios de Machaca (2024).
- **Registro de coordenadas y Caracterización:** Para cada punto, se registraron sus coordenadas geográficas exactas con el teléfono móvil y se realizó una caracterización básica del entorno.
- **Selección de Parámetros de Calidad de Agua:** Se definieron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a analizar, pertinentes para la evaluación de la calidad del agua y seleccionados según los criterios de Figueroa (2024) y los parámetros de control obligatorio (PCO) establecidos por el D.S. N°031 (2010), incluyendo los ya detallados en la sección de "Método".

### 3.3.3. TRABAJO DE CAMPO Y RECOLECCIÓN DE MUESTRAS

Esta fase comprendió la ejecución de las actividades in situ para la obtención de datos y muestras.

- **Preparación Previa a la Salida:** Previo al trabajo de campo, se verificaron y calibraron los equipos de medición para asegurar su correcto funcionamiento. Acto seguido, se procedió a la preparación y rotulado de los frascos de muestreo, utilizando recipientes de plástico para los parámetros fisicoquímicos y de vidrio ámbar estéril para las muestras microbiológicas. Paralelamente, se organizaron todos los materiales necesarios para el muestreo, acondicionamiento, registro y protección personal.

Finalmente, se aseguró la disponibilidad de insumos esenciales como alcohol al 70% y agua destilada.

- **Medición de Parámetros In Situ:** En cada punto de muestreo (PM1, PM2, PM3, PM4), se realizó la medición instantánea de la temperatura y cloro residual del agua antes de la toma de muestra.
- **Toma de Muestras de Agua:** Se recolectaron dos muestras representativas (una fisicoquímica y otra microbiológica) en cada uno de los cuatro puntos. Para asegurar la representatividad y calidad, se siguió un estricto protocolo de recolección, aplicando procedimientos estandarizados para el agua de consumo humano.

- **Preparación y Seguridad:**

**Rotulado:** Los frascos fueron meticulosamente rotulados con la información completa (código de muestra, ubicación, fecha, hora, tipo de parámetro) utilizando un formato de etiqueta estandarizado.

**EPP:** Durante la recolección de muestras se utilizó guantes, casco, mascarilla y batas de trabajo.

**Manipulación Cautelosa:** Se evitó la manipulación innecesaria de materiales y frascos, así como cualquier contacto que pudiera comprometer la calidad de las muestras.

- **Toma de Muestras en Grifos/Piletas Domiciliarias (PM3 y PM4):**

**Selección y Limpieza:** Se eligió un grifo de agua fría sin accesorios, limpiando su exterior con un paño limpio y desinfectando la boca del grifo con alcohol al 70%.

**Purga del Grifo:** Se dejó correr el agua a caudal completo durante 2 a 3 minutos para purgar tuberías, luego se redujo a un chorro constante.

**Llenado Directo:** Los frascos se llenaron directamente del chorro de agua, evitando el contacto con las manos o el exterior del frasco.

**Volumen de Llenado:** Los frascos microbiológicos se llenaron dejando un espacio de 1/4 de su capacidad; los fisicoquímicos se llenaron completamente, eliminando burbujas de aire.

- **Toma de Muestras en Reservoirio (PM2) y Captación (PM1: Ojo de Agua “Uma Jalsu”):**

**Muestreo en agua superficial:** Las muestras en la captación se tomaron en el rebose, dado que tienen una estructura construida de concreto y no se tiene acceso directo, el agua estaba en buenas condiciones físicas a simple vista y de acuerdo a la presidenta del jass Camacani está en las mismas condiciones que el agua dentro de la captación.

**Técnica de Llenado (Sumergidos):** El frasco se sumergió boca abajo hasta la profundidad deseada 20- 30 cm, se giró para llenarlo completamente. Para microbiológicos, se inclinó bajo el agua para dejar un espacio de 1/4 de su capacidad; para fisicoquímicos, se aseguró un llenado completo sin burbujas.

- **Post-Muestreo y Transporte:**

**Cierre Inmediato:** Cada frasco se tapó de forma segura inmediatamente después del llenado.

**Documentación:** Se rellenaron y verificaron el rotulado de los frascos, la ficha de campo, y la cadena de custodia, garantizando la trazabilidad desde el punto de muestreo.

**Cadena de Frío:** Los frascos se protegieron con bolsas ziploc y se introdujeron en el cooler con hielo y ice packs para mantener una temperatura de aproximadamente 4°C.

**Tiempo de Entrega:** Se garantizó que las muestras llegaran a MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C. para su análisis en aproximadamente 1 hora, respetando los tiempos máximos de estabilidad para cada parámetro.

- **Registro Fotográfico:**

Se utilizó la cámara fotográfica y el teléfono móvil para documentar visualmente los puntos de muestreo y el proceso de recolección.

### 3.3.4. MÉTODOS DE LABORATORIO

- **Entrega de muestras:** Las muestras fueron entregadas a MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C. en una 1 hora posterior a la toma, donde se verificó su estado y el correcto llenado de la cadena de custodia.

- **Recojo de Resultados:** Una vez finalizados los análisis, los resultados estuvieron disponibles 15 días post entrega para su recojo en las instalaciones de MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C.

### 3.3.5. PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

- **Organización de Datos:** Los datos obtenidos del trabajo de campo y del laboratorio fueron tabulados y organizados para su análisis.
- **Evaluación de la Calidad del Agua:** Para determinar la calidad del agua, se identificaron los valores específicos obtenidos para cada parámetro fisicoquímico y microbiológico. Posteriormente, cada resultado fue contrastado directamente con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° 031 (2010), poniendo especial atención en los Parámetros de Control Obligatorio (PCO). Este proceso permitió determinar si los valores se ajustaban a la normativa, clasificando cada parámetro como "cumple" o "no cumple".
- **Análisis e Interpretación:** Si se detectaron valores que superan el rango permitido, se procedió a su registro y análisis para una evaluación del riesgo potencial que dichos incumplimientos representaban para la salud pública.

### 3.3.6. MATERIALES

Para la ejecución de la campaña de monitoreo de la calidad del agua, se dispuso de los siguientes materiales, equipos e insumos:

#### 3.3.6.1. Materiales de Muestreo y Acondicionamiento

- **Recipientes para Muestras:**
  - 4 frascos de plástico (1000 ml) para parámetros fisicoquímicos.
  - 4 frascos de vidrio ámbar (500 ml, esterilizados) para parámetros microbiológicos.
- **Acondicionamiento y Conservación:** Cooler, ice packs, bolsas ziploc, y hielo para mantener la temperatura de las muestras a  $\leq 4^{\circ}\text{C}$ .
- **Identificación y Protección:** Etiquetas, cinta aislante, y plásticos poliburbujas.

#### 3.3.6.2. Materiales de Registro y Documentación

- **Formularios:** Formato de registro de datos de campo, etiquetas para muestras de agua, ficha de datos de campo y cadena de custodia.

- **Elementos de Escritura y Soporte:** Bolígrafo indeleble, tablero con clip.

#### **3.3.6.3. Equipos de Medición y Apoyo**

- **Equipos de Medición In Situ:** Termómetro, equipo hach.
- **Equipos de Documentación Gráfica:** Cámara fotográfica y teléfono móvil.

#### **3.3.6.4. Elementos de Seguridad y Protección Personal (EPP)**

- Guantes de látex, mascarilla, casco de seguridad, bata de campo/laboratorio y zapatos de seguridad.

#### **3.3.6.5. Insumos Adicionales**

- Alcohol al 70% y agua destilada.

### 3.4. IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

**Tabla 04:** Operacionalización de variables de la investigación.

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>VI:</b> Concentración de parámetros.	Física	-Temperatura	- (°C)
		-Turbiedad	-NTU
		-Conductividad.	- $\mu$ S/cm o mS/cm
		-Color	-UPC o Pt-Co
		-Sólidos totales disueltos	-mg/L o ppm
	Química	-Cloro residual	-(mg/L)
		-pH	-Intervalo
		-Cloruros	-mg/L o ppm
		-Sulfatos	-mg/L o ppm
		-Dureza total	-mg/L de CaCO <sub>3</sub>
-Nitratos		-mg/L o ppm	
Microbiológica	-Coliformes totales	-UFC/100 ml a 35°C	
	-Coliformes termotolerantes	-UFC/100 mL a 44,5°C	
<b>VD:</b> Calidad de agua.	Apta para consumo.	-Buena	-Recomendable
		-Aceptable	-No recomendable
	No apta para consumo.	-Mala	

### 3.5. MÉTODO O DISEÑO ESTADÍSTICO

En la presente investigación, el enfoque principal radica en la evaluación de la calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani. Para tal fin, se aplicó un conjunto de herramientas estadísticas orientadas a describir, resumir y comparar los

resultados obtenidos con los estándares de potabilidad establecidos en la normativa nacional vigente.

### **Metodología por objetivos**

La presente investigación se desarrolló siguiendo la siguiente metodología para alcanzar cada uno de los objetivos planteados. A continuación, se detalla el enfoque metodológico específico, las herramientas estadísticas y los procedimientos de análisis utilizados para la evaluación de la calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani.

### **Para el objetivo Específico N° 01: Determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani, distrito de Platería - 2025.**

La determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos se llevó a cabo mediante un proceso de muestreo y análisis de laboratorio. Los resultados obtenidos de estos análisis de laboratorio fueron posteriormente procesados, clasificados y presentados utilizando un conjunto de métodos estadísticos y de representación gráfica. Para este fin, se emplearon las siguientes herramientas:.

#### **3.5.1. ESTADÍSTICA DESCRIPTIVA**

Se utilizaron las siguientes medidas para resumir la información de las muestras recolectadas en los cuatro puntos estratégicos de muestreo (PM1: Captación "UMA JALSU", PM2: Reservoirio, PM3: Grifo domiciliario de vivienda media, y PM4: Grifo domiciliario de última vivienda):

- **Media Aritmética ( $\bar{X}$ ):** Se calculó el valor promedio para cada parámetro de calidad de agua. Esta medida de tendencia central proporciona una estimación del valor típico o central de la concentración o nivel de cada componente. La fórmula empleada es la siguiente:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + X_4 \dots + X_n}{N}$$

Donde:

- Xi es el valor medido del parámetro en cada muestra individual.
- N es el número total de muestras recolectadas para ese parámetro.
- **Valor Máximo:** Se identificó el valor más alto registrado para cada parámetro. Esta medida indica la concentración o nivel más elevado encontrado en las muestras analizadas.
- **Valor Mínimo:** Se identificó el valor más bajo registrado para cada parámetro. Esta medida muestra la concentración o nivel más bajo detectado en las muestras.
- **Desviación Estándar:** Se calculó esta medida de dispersión para cuantificar la variabilidad o dispersión de los datos de cada parámetro alrededor de su valor promedio. Una desviación estándar baja sugiere que los valores se encuentran muy cercanos entre sí (poca variabilidad), mientras que un valor alto indica una mayor dispersión. La fórmula utilizada para la desviación estándar muestral es:

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Donde:

**s:** Desviación estándar de la muestra.

**xi:** Cada valor individual de la muestra.

**$\bar{x}$ :** Media (promedio) de la muestra.

**$\Sigma$ :** Sumatoria de los valores.

**n:** Número total de datos en la muestra.

**n-1:** Grados de libertad (corrección de Bessel para la estimación muestral).

Con base en estos cálculos, se construyeron tablas de resumen claras y concisas que presentan el promedio, los valores extremos (mínimo y máximo) y la variabilidad (desviación estándar) de cada parámetro.

### 3.5.2. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE DATOS

Para una interpretación y entendimiento más claro del comportamiento de los datos obtenidos en los análisis de calidad del agua, se ha optado por una presentación visual a

través de gráficos de línea. Estos gráficos, que ilustran las variaciones de cada parámetro a lo largo de los diferentes puntos de muestreo (captación, reservorio, vivienda media y última vivienda), permiten visualizar de manera efectiva las tendencias y la evolución de las concentraciones en el sistema de distribución.

Sobre estas líneas que representarán los valores medidos en cada punto, se trazaron líneas horizontales que simbolizan los Límites Máximos Permisibles (LMP). Estos límites están establecidos por la normativa vigente en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA del Ministerio de Salud. Esta superposición gráfica facilita la identificación visual e intuitiva de si los valores de las muestras individuales cumplen o exceden los estándares de calidad del agua para consumo humano, permitiendo una evaluación directa de la conformidad y seguridad del recurso hídrico.

**Para el objetivo Específico N° 02: Evaluar el cumplimiento de los límites máximos permisibles (LMP) del D.S. N° 031-2010-SA, considerando los parámetros de control obligatorio (PCO) y otros relevantes para su calidad integral.**

Para evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad, se aplicó una metodología de comparación directa y detallada de los resultados de laboratorio con los límites establecidos en la normativa nacional.

### **3.5.3. METODOLOGÍA DE COMPARACIÓN Y DETERMINACIÓN DE LA POTABILIDAD**

Los resultados de laboratorio fueron directamente comparados con los criterios de la normativa, Decreto Supremo N° 031-2010-SA.

- **Comparación Directa con los Límites Máximos Permisibles (LMP):** Cada valor obtenido para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos será comparado individualmente con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA (Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano). La evaluación se basará en el cumplimiento de los siguientes criterios:
  - Para parámetros cuyo valor es superior o inferior al rango permitido según los (LMP): La muestra se considerará **“no cumple”**.

- Para parámetros cuyo valor es inferior o están dentro del rango permitido según los (LMP): La muestra se considerará “**cumple**”.
- **Evaluación Específica de los Parámetros de Control Obligatorio (PCO):** Se realizará una revisión particular y detallada de los Parámetros de Control Obligatorio (PCO), tal como lo establece el D.S. N° 031-2010-SA. Para cada uno de estos parámetros, se indicará si el valor de la muestra individual cumple o no cumple con el estándar. La potabilidad del agua dependerá directamente del cumplimiento de todos estos parámetros, ya que son los indicadores primarios de la aptitud del agua para el consumo humano.
- **Determinación de la Potabilidad:** Basado en la comparación directa y el cumplimiento de los LMP (incluyendo los PCO), se determinará si el agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani es potable o no potable en los puntos de muestreo. Una muestra se considerará no potable si al menos uno de los parámetros analizados excede o no cumple con su respectivo LMP.

## CAPÍTULO IV

### EXPOSICIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La evaluación de la calidad del agua se llevó a cabo mediante un proceso de toma de muestras en puntos estratégicos de la red hídrica, seguido del análisis del laboratorio en (MQA LABS) Megalaboratorios Químicos de los Andes S.A.C para cada parámetro de interés.

#### **PM1: Punto de Captación.**

Designado para caracterizar la calidad del agua directamente en su fuente de origen.

#### **PM2: Punto de Reservorio.**

Establecido para monitorear el agua después de su almacenamiento, antes de iniciar el proceso de distribución.

#### **PM3: Punto de Vivienda Media.**

Seleccionado para evaluar la calidad del agua a mitad de la red de suministro domiciliario, reflejando las condiciones generales de distribución.

#### **PM4: Punto de Última Vivienda (Red de Distribución).**

Crucial para determinar la calidad final del agua en el extremo de la red, donde pueden manifestarse los efectos acumulados del transporte y la infraestructura.

Los resultados obtenidos se presentan detalladamente para cada uno de los puntos de muestreo, definidos para ofrecer una visión completa del sistema:

**Para el objetivo Específico N° 01: Determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani, distrito de Platería - 2025.**

En este apartado se presentan detalladamente los resultados de laboratorio obtenidos del monitoreo de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani. La información se organiza con el propósito de determinar las características actuales de la calidad del agua en los diferentes puntos del sistema de abastecimiento (captación, reservorio, vivienda media y última vivienda), reflejando los hallazgos del muestreo realizado el 05 de junio de 2025. Los datos se complementan con sus respectivas medidas estadísticas descriptivas, proporcionando una visión integral de cada parámetro.

#### 4.1. DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL AGUA.

##### 4.1.1. PARÁMETROS FÍSICOS

En este apartado se presentan los resultados obtenidos de los parámetros físicos del agua en el sistema de abastecimiento de Camacani.

**Tabla 05:** Presenta los resultados de laboratorio y la estadística descriptiva para los parámetros físicos determinados en los cuatro puntos de muestreo del sistema de abastecimiento de agua de Camacani, en junio de 2025.

PARÁMETRO	UNIDAD	PM				PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR		MÍNIMO	MÁXIMO	CV (%)
		1	2	3	4		ESTÁNDAR	ESTÁNDAR			
<b>Temperatura</b>											
a	°C	14	14	14	14	14	0	14	14	0.0%	
										20.00	
Turbiedad	UNT	0,8	0,5	0,6	0,7	0,65	0,13	0,5	0,8	%	
<b>Conductividad <math>\mu\text{mho/cm}</math></b>											
ad	cm	100	90	110	100	100	8,16	90	110	8.16%	
										27.33	
Color	UPC	3	2	3	4	3	0,82	2	4	%	
<b>Sólidos</b>											
totales		0,0	0,0	0,0	0,0					20.00	
disueltos	g/l	5	4	6	5	0,05	0,01	0,04	0,06	%	

- **Temperatura:** Los valores de temperatura se mantuvieron constantes en 14 °C en todos los puntos de muestreo (PM1, PM2, PM3 y PM4), reflejando una ausencia total de variabilidad (desviación estándar de 0 y coeficiente de variabilidad del 0.0%). Esta

uniformidad es característica de fuentes de agua subterránea, que tienden a mantener una temperatura estable independientemente de las condiciones ambientales externas.

- **Turbiedad:** La turbiedad del agua mostró valores bajos, oscilando entre 0.5 UNT (PM2) y 0.8 UNT (PM1), con valores de 0.8 UNT en PM1, 0.5 UNT en PM2, 0.6 UNT en PM3 y 0.7 UNT en PM4. El promedio registrado fue de 0.65 UNT. La desviación estándar de 0.13 y un coeficiente de variabilidad del 20.00% indican una baja variabilidad en la claridad del agua a lo largo de la red de distribución.
- **Conductividad:** Los valores de conductividad se registraron entre 90  $\mu\text{mho/cm}$  (PM2) y 110  $\mu\text{mho/cm}$  (PM3), con valores de 100  $\mu\text{mho/cm}$  en PM1, 90  $\mu\text{mho/cm}$  en PM2, 110  $\mu\text{mho/cm}$  en PM3 y 100  $\mu\text{mho/cm}$  en PM4. El promedio fue de 100  $\mu\text{mho/cm}$ . La baja desviación estándar de 8.16 y un coeficiente de variabilidad del 8.16% demuestran una alta homogeneidad en la concentración de sólidos disueltos y sales en el agua a lo largo del sistema de abastecimiento.
- **Color:** El color del agua fluctuó entre 2 UPC (PM2) y 4 UPC (PM4), con valores de 3 UPC en PM1, 2 UPC en PM2, 3 UPC en PM3 y 4 UPC en PM4. El promedio fue de 3 UPC. Aunque la desviación estándar fue de 0.82 y el coeficiente de variabilidad del 27.33%, los valores absolutos permanecen muy bajos, lo que sugiere una ausencia de componentes que causen coloración significativa en el agua.
- **Sólidos Totales Disueltos (STD):** Las concentraciones de sólidos totales disueltos se mantuvieron consistentemente bajas, variando de 0.04 g/l (PM2) a 0.06 g/l (PM3), con valores de 0.05 g/l en PM1, 0.04 g/l en PM2, 0.06 g/l en PM3 y 0.05 g/l en PM4. El promedio registrado fue de 0.05 g/l. La baja desviación estándar (0.01) y un coeficiente de variabilidad del 20.00% confirman la estabilidad y uniformidad en la cantidad de material disuelto en el agua a lo largo de toda la red.

#### 4.1.2. PARÁMETROS QUÍMICOS

En este apartado se presentan los resultados obtenidos de la determinación y caracterización de los parámetros químicos del agua en el sistema de abastecimiento de Camacani.

**Tabla 06:** Presenta los resultados de laboratorio y la estadística descriptiva para los parámetros químicos determinados en los cuatro puntos de muestreo del sistema de abastecimiento de agua de Camacani, en junio de 2025.

PARÁMETRO	UNIDAD	DESVIACIÓN ESTÁNDAR								
		PM1	PM2	PM3	PM4	PROMEDIO	ESTÁNDAR	MÍNIMO	MÁXIMO	CV (%)
<b>Cloro residual</b>	mg/L	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
	valor									1.03
<b>pH</b>	pH	7,84	7,66	7,7	7,73	7,73	0,08	7,66	7,84	%
		17,0	19,8		14,1					32.1
<b>Cloruros</b>	mg/l	2	5	8,51	8	14,89	4,79	8,51	19,85	7%
										40.8
<b>Sulfatos</b>	mg/l	8	4	8	12	8	3,27	4	12	8%
<b>Dureza total</b>	mg/l	136,	212,	155,	121,					25.3
	mg/l	8	8	8	6	156,75	39,81	121,6	212,8	9%
										20.0
<b>Nitratos</b>	mg/l	0,05	0,04	0,05	0,06	0,05	0,01	0,04	0,06	0%

- **Cloro Residual:** Los análisis revelaron una ausencia total y consistente de Cloro Residual en todos los puntos de muestreo (PM1, PM2, PM3 y PM4), registrando un

valor de 0.00 mg/L en cada uno. Este hallazgo es un indicador fundamental del estado de la desinfección en el sistema, ya que la concentración se mantuvo nula a lo largo de toda la red de distribución, sin variabilidad alguna, lo cual se confirma con un coeficiente de variabilidad del 0.0%.

- **pH:** Se determinó que el pH del agua se mantuvo en un rango ligeramente alcalino, oscilando entre 7.66 (PM2) y 7.84 (PM1), con valores de 7.84 en PM1, 7.66 en PM2, 7.70 en PM3 y 7.73 en PM4. El promedio fue de 7.73. La mínima desviación estándar (0.08) y un coeficiente de variabilidad del 1.03% indican una notable estabilidad y poca fluctuación del pH a lo largo de los puntos de muestreo.
- **Cloruros:** Las concentraciones de cloruros variaron desde 8.51 mg/L (PM3) hasta 19.85 mg/L (PM2), con valores de 17.02 mg/L en PM1, 19.85 mg/L en PM2, 8.51 mg/L en PM3 y 14.18 mg/L en PM4. El promedio fue de 14.89 mg/L. La desviación estándar de 4.79 y un coeficiente de variabilidad del 32.17% sugieren una variabilidad moderada en la presencia de sales de cloruro en los diferentes puntos de la red.
- **Sulfatos:** Los resultados para sulfatos mostraron valores que oscilaron entre 4 mg/L (PM2) y 12 mg/L (PM4), con valores de 8 mg/L en PM1, 4 mg/L en PM2, 8 mg/L en PM3 y 12 mg/L en PM4. El promedio fue de 8 mg/L. El coeficiente de variabilidad del 40.88% indica una variabilidad considerable en las concentraciones de sulfatos entre los puntos muestreados, aunque los valores absolutos se mantienen relativamente bajos.
- **Dureza Total:** La dureza total del agua presentó valores que fueron desde 121.60 mg/L (PM4) hasta 212.80 mg/L (PM2), con valores de 136.80 mg/L en PM1, 212.80 mg/L en PM2, 155.80 mg/L en PM3 y 121.60 mg/L en PM4. El promedio fue de 156.75 mg/L. La desviación estándar de 39.81 y un coeficiente de variabilidad del 25.39% indican una variabilidad moderada en la dureza entre los puntos de muestreo.

- **Nitratos:** Las concentraciones de nitratos fueron consistentemente muy bajas en todos los puntos, fluctuando entre 0.04 mg/L (PM2) y 0.06 mg/L (PM4), con valores de 0.05 mg/L en PM1, 0.04 mg/L en PM2, 0.05 mg/L en PM3 y 0.06 mg/L en PM4. El promedio de 0.05 mg/L, junto con una desviación estándar mínima (0.01) y un coeficiente de variabilidad del 20.00%, subraya una gran uniformidad y bajos niveles de nitratos a lo largo de toda la red de distribución.

#### 4.1.3. PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS

En este apartado se presentan los resultados obtenidos de la determinación y caracterización de los parámetros microbiológicos del agua en el sistema de abastecimiento de Camacani.

**Tabla 07:** Presenta los resultados de laboratorio y la estadística descriptiva para los parámetros microbiológicos determinados en los cuatro puntos de muestreo del sistema de abastecimiento de agua de Camacani, junio de 2025.

PARÁMETRO	UNIDAD	PUNTO				PROMEDIO	DESVIACIÓN ESTÁNDAR		MÍNIMO	MÁXIMO	CV (%)
		1	2	3	4		ESTÁNDAR	MÍNIMO			
<b>NMP/100ml</b>										96.96	
	0ml	160	90	30	5	71,25	69,09	5	160	%	
<b>NMP/100ml</b>										107.12	
	0ml	80	40	10	2	33	35,35	2	80	%	

- **Coliformes Totales:** Los análisis revelaron la presencia de Coliformes Totales en todos los puntos de muestreo evaluados. La concentración promedio general fue de 71.25 NMP/100ml. Se observó una alta variabilidad en los resultados, reflejada en una desviación estándar de 69.09 NMP/100ml y un coeficiente de variación del 96.96%. Los valores fluctuaron significativamente a lo largo de la red de distribución,

registrándose una concentración máxima de 160 NMP/100ml en la Captación (PM1) y una mínima de 5 NMP/100ml en la Última Vivienda (PM4). Tiene tendencia descendente desde la captación hasta el punto más distante de la red, aunque su presencia es constante en todos los puntos.

- **Coliformes Termotolerantes:** Los análisis revelaron la presencia de Coliformes Termotolerantes en cada uno de los puntos de muestreo analizados. El promedio general para este parámetro fue de 33.00 NMP/100ml, con una desviación estándar de 35.35 NMP/100ml y un coeficiente de variación del 107.12%, lo que indica una variabilidad aún mayor que la observada para Coliformes Totales. Las concentraciones individuales variaron desde un máximo de 80 NMP/100ml en la Captación (PM1) hasta un mínimo de 2 NMP/100ml en la Última Vivienda (PM4). La detección de Coliformes Termotolerantes es un indicador más específico de contaminación fecal reciente y su presencia en todos los puntos evaluados subraya un problema de calidad microbiológica generalizado en el sistema. Al igual que los Coliformes Totales, se observa una reducción en la concentración a medida que el agua avanza por la red, pero su persistencia continua hasta el final de la red de distribución.

**Para el objetivo Específico N° 02: Evaluar el cumplimiento de los límites máximos permisibles (LMP) del D.S. N° 031-2010-SA, considerando los parámetros de control obligatorio (PCO) y otros relevantes para su calidad integral.**

Este apartado tiene como objetivo principal la evaluación de la calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani. Para ello, se contrastan los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. La primera sección (4.2) se centra en la evaluación gráfica e interpretación de los resultados, utilizando gráficos de líneas para ilustrar la variación de cada parámetro a través de los puntos de muestreo y su relación con los valores normativos. La segunda sección (4.3) se enfoca en la valoración directa y determinación de cumplimiento del D.S. N° 031-2010-SA e

identificación de los parámetros de control obligatorio (PCO), lo que permite emitir una conclusión sobre la potabilidad del agua.

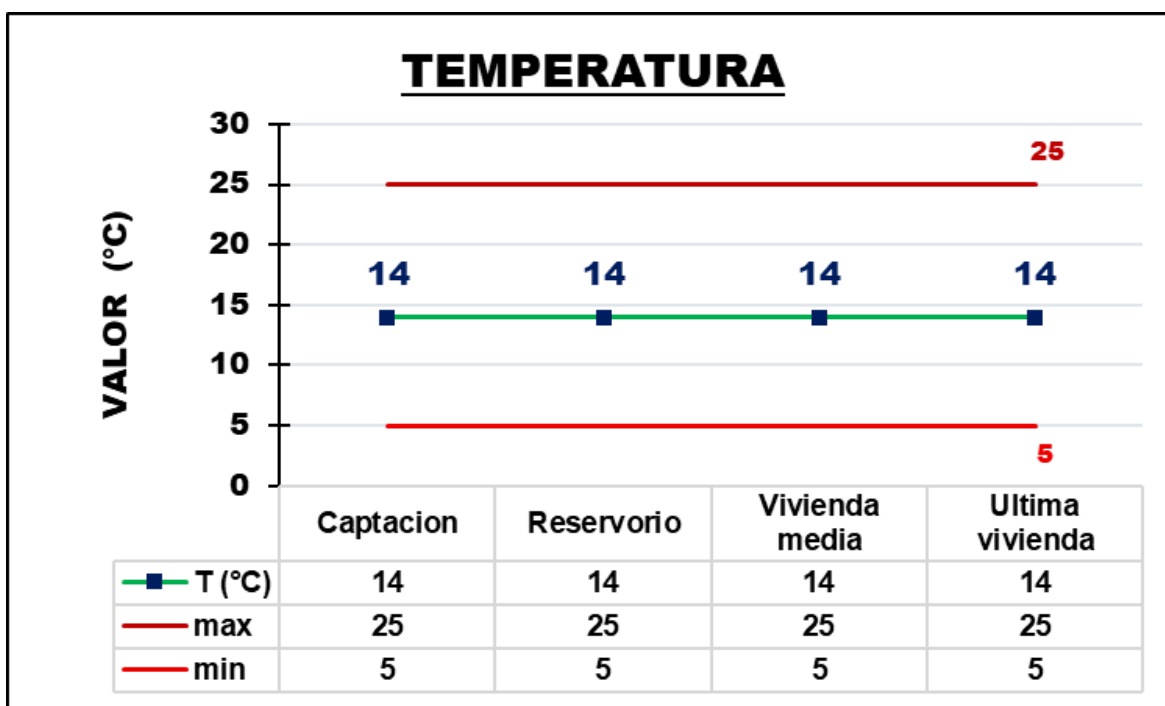
#### **4.2. EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LOS LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES (LMP) DEL D.S. N° 031-2010-SA.**

En esta sección se presenta la evaluación de la calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani, contrastando los parámetros determinados con los Límites Máximos Permisibles y Mínimos establecidos por el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Para facilitar la visualización y comprensión del cumplimiento, los resultados se presentan mediante gráficas de líneas que ilustran la variación de cada parámetro a lo largo de los puntos de muestreo (PM1 a PM4), incorporando la referencia de los valores normativos.

##### **4.2.1. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE PARÁMETROS FÍSICOS.**

En esta subsección, los resultados de los parámetros físicos determinados se presentan a través de gráficas de líneas, las cuales facilitan la visualización de sus concentraciones a lo largo de los cuatro puntos de muestreo del sistema de abastecimiento. Cada gráfico incluye la referencia de los Límites Máximos Permisibles (LMP) o rangos mínimos, según corresponda, establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, lo que permite una evaluación visual inmediata del cumplimiento normativo de cada parámetro físico.

##### **4.2.1.1. Temperatura**



**Figura 03:** Niveles de Temperatura en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025.

**Fuente:** MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C. y elaboración propia con referencia a D.S. N° 031-2010-SA.

Los resultados de temperatura (°C) del agua, monitoreados en los diferentes puntos del sistema de abastecimiento (Captación, Reservorio, Vivienda media y Última vivienda), se presentan en la Figura 03.

Como se observa en el gráfico, la temperatura del agua se mantuvo notablemente constante en 14 °C en todos los puntos de muestreo a lo largo de la red de distribución. Esta uniformidad es un indicativo clave de la estabilidad térmica de la fuente de agua y del sistema de distribución.

Si bien el Decreto Supremo N° 031-2010-SA (Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano) no establece un Límite Máximo Permisible (LMP) específico para la temperatura, existe un consenso en la literatura y guías de calidad del agua sobre un rango de temperaturas consideradas óptimas para el consumo humano y la preservación de la calidad. Este rango generalmente se ubica entre 5 °C y 25 °C. Temperaturas por debajo de 5 °C pueden alterar la aceptabilidad organoléptica del agua, haciéndola menos

agradable al paladar, mientras que temperaturas superiores a 25 °C pueden facilitar significativamente el crecimiento y la reproducción de microorganismos, lo que aumenta el riesgo de problemas sanitarios y puede causar malestar estomacal. Además, las altas temperaturas disminuyen la palatabilidad del agua.

En este contexto, la temperatura constante de 14 °C observada en todos los puntos de muestreo se encuentra perfectamente dentro de este rango óptimo. Esta condición es altamente coherente con el origen subterráneo del agua (un "ojo de agua" que emerge entre montañas rocosas), ya que las aguas subterráneas suelen presentar temperaturas más estables y menos influenciadas por las fluctuaciones térmicas ambientales diarias o estacionales, en comparación con las aguas superficiales. Esta estabilidad térmica es un factor altamente favorable para la calidad del agua por varias razones:

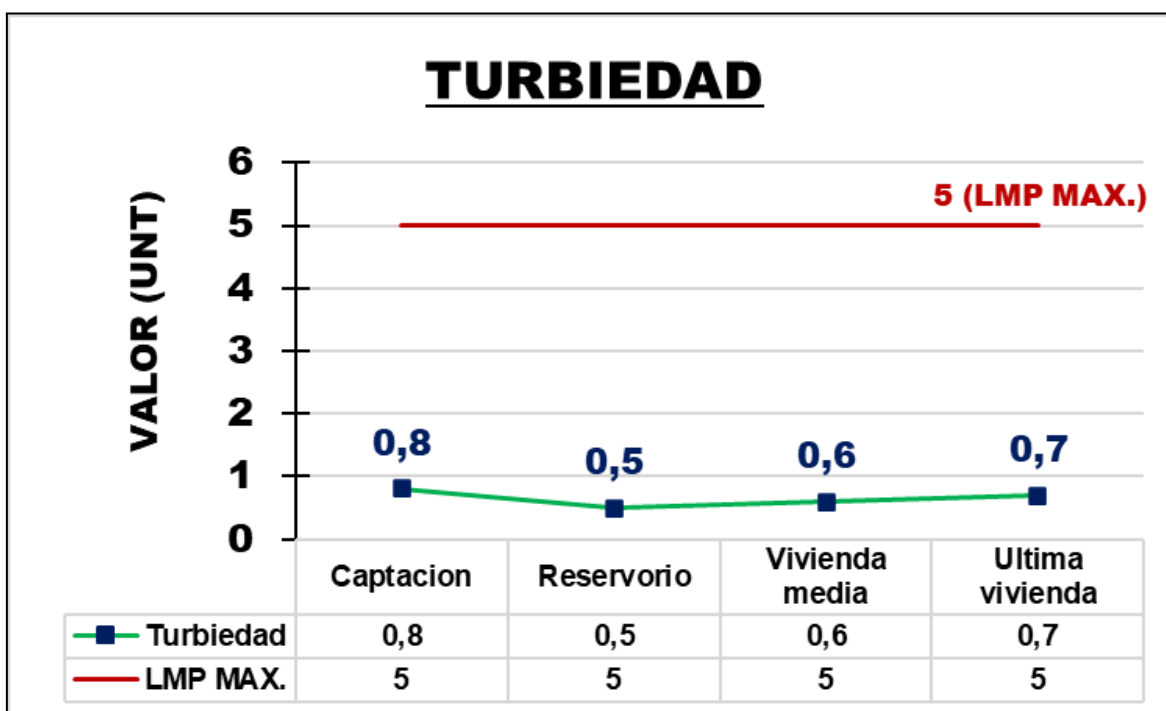
- **Control microbiológico:** La temperatura de 14 °C es menos propicia para el rápido crecimiento de muchos microorganismos patógenos en comparación con temperaturas más cálidas, contribuyendo a la seguridad microbiológica del agua.
- **Palatabilidad y aceptación:** Una temperatura fresca y constante como la registrada mejora la palatabilidad del agua, lo que favorece su aceptación y consumo por parte de la población.
- **Estabilidad química:** La temperatura influye en la solubilidad de gases y en la velocidad de las reacciones químicas.

Estos hallazgos guardan estrecha relación con los reportados por Alcca (2022) en su estudio sobre manantiales en el mismo distrito de Platería, Puno. Dicho autor obtuvo valores de temperatura que oscilaron entre 11.5 °C (Manantial Jjaquejihuata) y 15.6 °C (Manantial Estadio), con puntos como Quipata-Totorpujo (13.6 °C) y Plaza de Armas (13.2 °C). La similitud en estos rangos de temperatura entre ambos estudios, considerando la proximidad geográfica y el tipo de fuente (ojos de agua/manantiales de origen subterráneo), sugiere una constante térmica característica de las aguas subterráneas de la región, que se mantienen estables y dentro de rangos favorables para

el consumo humano, independientemente de variaciones puntuales en el origen o el sistema de distribución.

En conclusión, los resultados de temperatura demuestran que el agua de este sistema de abastecimiento presenta una excelente estabilidad térmica y se mantiene dentro del rango de temperaturas consideradas óptimas para el consumo humano, lo cual es un factor positivo y contribuye significativamente a la calidad y seguridad del agua distribuida.

#### 4.2.1.2. Turbiedad



**Figura 04:** Niveles de Turbiedad en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) Establecido.

**Fuente:** MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C. y elaboración propia con referencia a D.S. N° 031-2010-SA.

Los resultados de turbiedad, expresados en Unidades Nefelométricas de Turbiedad (UNT), obtenidos a lo largo del sistema de abastecimiento de agua del centro poblado Camacani, desde la captación del ojo de agua “UMA JALSU” hasta la última vivienda, se presentan en la Figura 04.

Como se observa en la Figura 04, los valores de turbiedad se mantuvieron consistentemente muy bajos y estables en todos los puntos de muestreo a lo largo del sistema de distribución. Los resultados oscilaron entre 0.5 UNT (Reservorio) y 0.8 UNT (Captación). Específicamente, se registró un valor de 0.8 UNT en la captación (PM1, UTM 19L 407654 8235024), disminuyendo a 0.5 UNT en el reservorio (PM2, UTM 19L 407690 8235600). Posteriormente, se observó un leve incremento a 0.6 UNT en la vivienda media

(PM3, UTM 19L 408014 8236402), para finalmente registrar 0.7 UNT en la última vivienda (PM4, UTM 19L 408423 8237579).

Al comparar estos valores con el Límite Máximo Permisible (LMP) de 5 UNT establecido por la normativa para agua de consumo humano en el DS N° 031 (Ministerio de Salud, 2010), se evidencia que todos los puntos de muestreo se encuentran ampliamente por debajo de este umbral, representando menos del 16% del límite establecido. Esta condición es altamente favorable, ya que una baja turbiedad indica una menor presencia de partículas suspendidas en el agua, lo cual es esencial para su calidad y seguridad.

La baja turbiedad del agua es característica de fuentes de origen subterráneo bien protegidas, donde el proceso natural de filtración a través del suelo y las rocas ayuda a remover las partículas suspendidas. La ligera disminución de la turbiedad de la captación al reservorio (de 0.8 a 0.5 UNT) sugiere que el reservorio actúa como un medio de clarificación adicional, permitiendo la sedimentación de algunas partículas. Las mínimas fluctuaciones observadas en la red de distribución (entre 0.5 y 0.7 UNT) son normales y no representan una desviación significativa de la calidad, lo que indica que el sistema de distribución mantiene la integridad física del agua.

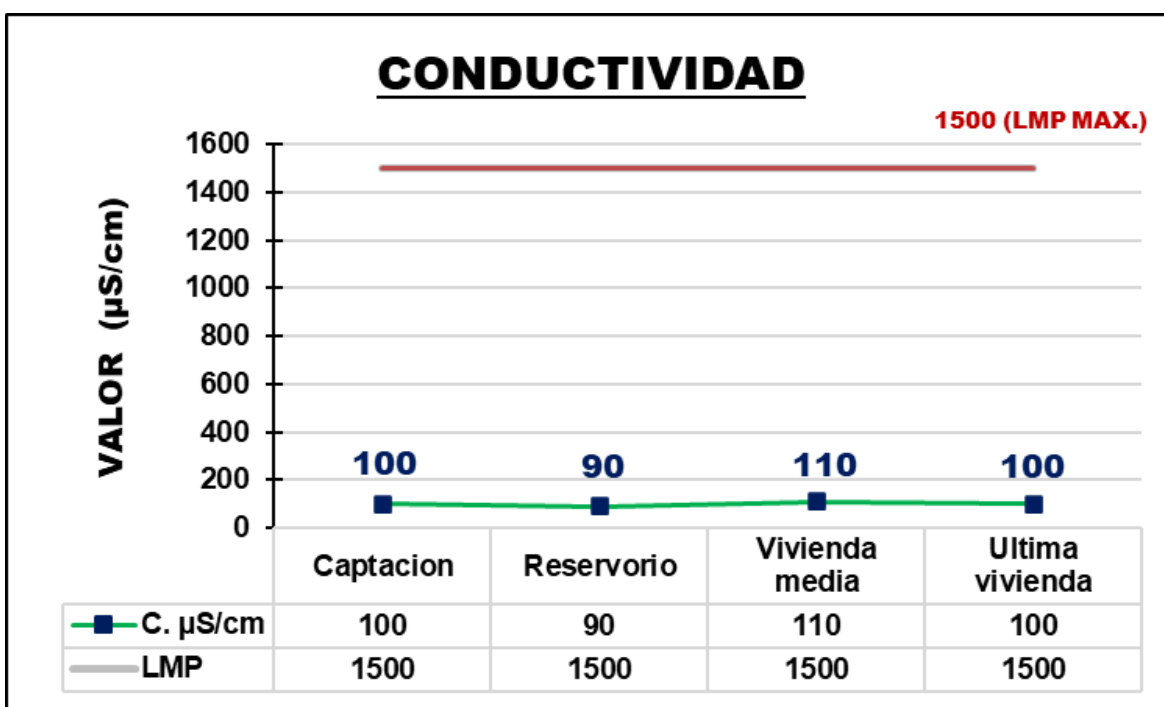
La baja turbiedad es un factor importante para la eficacia de la desinfección, ya que las partículas suspendidas pueden proteger a los microorganismos del efecto de los desinfectantes.

Estos resultados de baja turbiedad en Camacani guardan relación con algunos hallazgos en estudios de la misma región. Por ejemplo, Turpo (2017), al evaluar las aguas crudas en puntos como Chimu y Chacarilla Alta en Puno, reportó valores promedio de 1.57 NTU para Chimu y 1.20 NTU para Chacarilla. Aunque estos valores son ligeramente superiores a los obtenidos en el presente estudio, ambos se mantienen muy por debajo del LMP de 5 UNT, lo que sugiere una tendencia general de baja turbiedad en las fuentes de agua subterránea de la región, incluso antes de cualquier tratamiento significativo. Las variaciones observadas por Turpo (2017) como el aumento de turbidez en agosto debido a vientos y material particulado de sembríos, contrastan con la mayor estabilidad

observada en Camacani, posiblemente debido a que la captación de este estudio es un "ojo de agua" más protegida.

En conclusión, los resultados de turbiedad demuestran que el agua del centro poblado Camacani es de excelente calidad en términos de su claridad y ausencia de partículas suspendidas, cumpliendo ampliamente con los estándares de aptitud para el consumo humano establecidos por la normativa nacional.

#### 4.2.1.3. Conductividad.



**Figura 05:** Niveles de Conductividad en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) Establecido.

**Fuente:** MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C. y elaboración propia con referencia a D.S. N° 031-2010-SA.

Los resultados de conductividad eléctrica (CE) obtenidos a lo largo del sistema de abastecimiento de agua, desde la captación hasta la última vivienda, se presentan en la Figura 05 y se detallan en la Tabla 08.

**Tabla 08:** Resultados de Conductividad Eléctrica, Sólidos Disueltos Totales y Temperatura por punto de muestreo.

Parámetro	Unidad	PM1	PM2	PM3	PM4
		(Captación)	(Reservorio)	(Vivienda Media)	(Última Vivienda)
<b>Conductividad</b> ( $\mu\text{S/cm}$ )	$\mu\text{S/cm}$	100	90	110	100
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	g/L	0.05	0.04	0.06	0.05
<b>Temperatura</b>	$^{\circ}\text{C}$	14.00	14.00	14.00	14.00

Como se observa en la Figura 05 y la Tabla 08, los valores de conductividad eléctrica se mantuvieron consistentemente bajos y estables en todos los puntos de muestreo a lo largo del sistema de distribución. Los resultados oscilaron entre 90  $\mu\text{S/cm}$  (Reservorio) y 110  $\mu\text{S/cm}$  (Vivienda media). Específicamente, se registró un valor de 100  $\mu\text{S/cm}$  en la captación (PM1, UTM 19L 407654 8235024), disminuyendo ligeramente a 90  $\mu\text{S/cm}$  en el reservorio (PM2, UTM 19L 407690 8235600). Posteriormente, se observó un leve incremento en la vivienda media (PM3, UTM 19L 408014 8236402), alcanzando 110  $\mu\text{S/cm}$ , para luego retornar a 100  $\mu\text{S/cm}$  en la última vivienda (PM4, UTM 19L 408423 8237579).

Estos valores bajos son consistentes con los resultados de Sólidos Disueltos Totales (SDT), que también muestran concentraciones muy reducidas, oscilando entre 0.04 g/L y 0.06 g/L. Existe una correlación directa entre la conductividad y los SDT, ya que la conductividad es una medida de la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica, lo cual es directamente proporcional a la concentración de iones disueltos (sales, minerales). La constancia de la temperatura a 14.00  $^{\circ}\text{C}$  en todos los puntos

también contribuye a la estabilidad de las mediciones de conductividad, al eliminar la necesidad de correcciones por variaciones térmicas.

Al comparar estos valores con el Límite Máximo Permisible (LMP) de 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  establecido por la normativa para agua de consumo humano en el DS N°031 (Ministerio de Salud, 2010), se evidencia que todos los puntos de muestreo se encuentran muy por debajo de este umbral, representando menos del 8% del límite establecido. Esta condición indica que el agua presenta una muy baja concentración de sales disueltas y iones, lo cual es un indicador favorable para su consumo y, en general, sugiere una excelente calidad del agua en términos de mineralización.

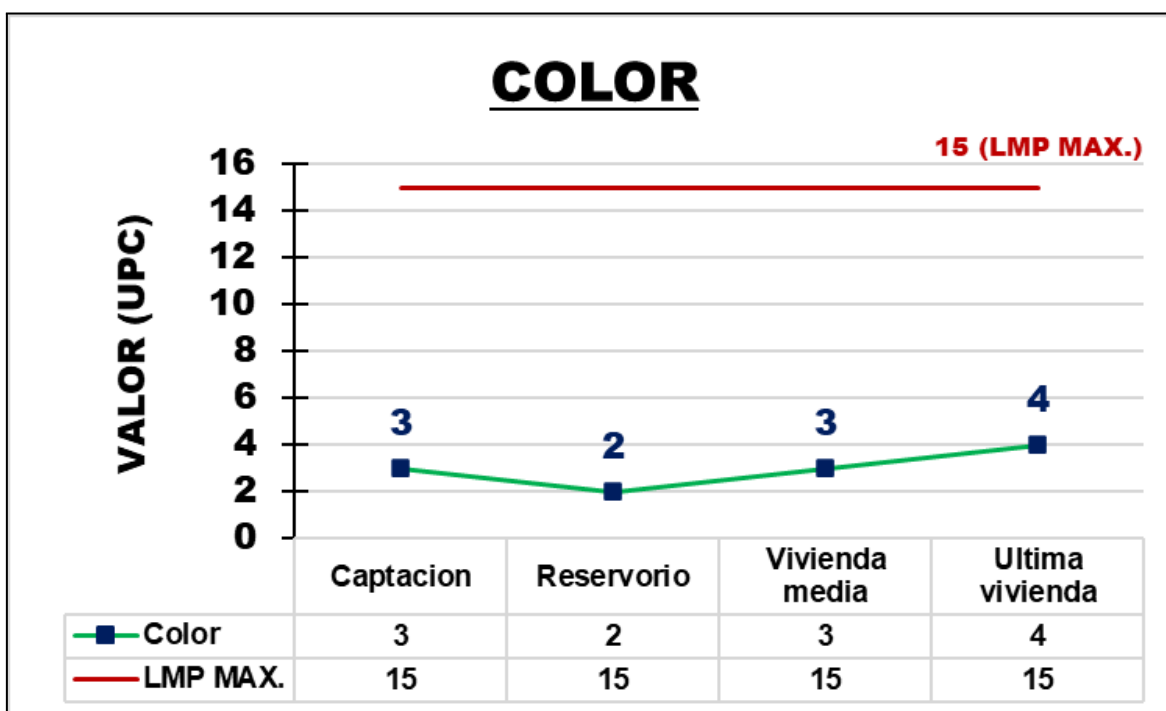
La pureza y baja mineralización del agua pueden explicarse por su origen. El ojo de agua "UMA JALSU" da origen a esta fuente emerge entre dos grandes montañas rocosas, lo cual es característico de aguas subterráneas que, en muchas ocasiones, atraviesan formaciones geológicas estables y menos propensas a la disolución de una alta carga de minerales. La tradición local, que data desde tiempos ancestrales, reporta la pureza y salubridad de esta fuente, lo que se alinea con los resultados actuales y refuerza la calidad intrínseca del recurso. Las mínimas fluctuaciones observadas en los valores de conductividad a lo largo del sistema (una variación de solo 20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) sugieren una notable estabilidad en la composición iónica del agua durante su trayecto, incluso después de las construcciones de captación y reservorios para su distribución a la población. El leve incremento observado en la "Vivienda media" podría deberse a una mínima interacción con los materiales de las tuberías o pequeños aportes en la red, aunque sin afectar significativamente la calidad.

Estos resultados de baja conductividad en Camacani son comparables con los hallazgos de Alcca (2022) en manantiales del mismo distrito de Platería, Puno. Al convertir los valores de su estudio a  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , se observa que oscilaron entre aproximadamente 85.13  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Manantial Jjaquejihuata) y 1116  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Manantial Estadio), con otros puntos como Quipata-Totorpujo (632.2  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y Plaza de Armas (499.8  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Si bien algunos manantiales estudiados por Alcca muestran una conductividad más elevada que en

Camacani (ej., Estadio y Quipata-Totorpujo), la presencia de puntos como Jjaquejihuata (85.13  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) con valores muy cercanos a los de la captación de Camacani (100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) sugiere que existen fuentes subterráneas en la región de Platería con similar baja mineralización. La variabilidad entre los manantiales de Alcca (2022) podría deberse a diferencias geológicas locales o la influencia de actividades en cada sitio. No obstante, en ambos estudios, los valores se mantienen significativamente por debajo del LMP de 1500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  para consumo humano.

En conclusión, los resultados de conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales demuestran que el agua de este sistema de abastecimiento es de excelente calidad en términos de su contenido de sales y minerales, cumpliendo ampliamente con los estándares de aptitud para el consumo humano establecidos por la normativa nacional. La estabilidad y los bajos valores registrados a lo largo de la red de distribución son indicativos de una fuente de agua naturalmente pura y un sistema de abastecimiento eficiente.

#### 4.2.1.4. Color



**Figura 06:** Niveles de Color en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permissible (LMP) Establecido.

**Fuente:** MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C. y elaboración propia con referencia a D.S. N° 031-2010-SA.

Los resultados de color, expresados en Unidades Platino-Cobalto (UPC), obtenidos a lo largo del sistema de abastecimiento de agua del centro poblado Camacani, desde la captación del ojo de agua "UMA JALSU" hasta la última vivienda, se presentan en la Figura 06.

Como se observa en la Figura 06, los valores de color se mantuvieron consistentemente muy bajos y estables en todos los puntos de muestreo a lo largo del sistema de distribución. Los resultados oscilaron entre 2 UPC (Reservorio) y 4 UPC (Última vivienda). Específicamente, se registró un valor de 3 UPC en la captación (PM1, UTM 19L 407654 8235024), disminuyendo a 2 UPC en el reservorio (PM2, UTM 19L 407690 8235600). Posteriormente, se observó un leve incremento a 3 UPC en la vivienda media (PM3, UTM

19L 408014 8236402), y finalmente registró 4 UPC en la última vivienda (PM4, UTM 19L 408423 8237579).

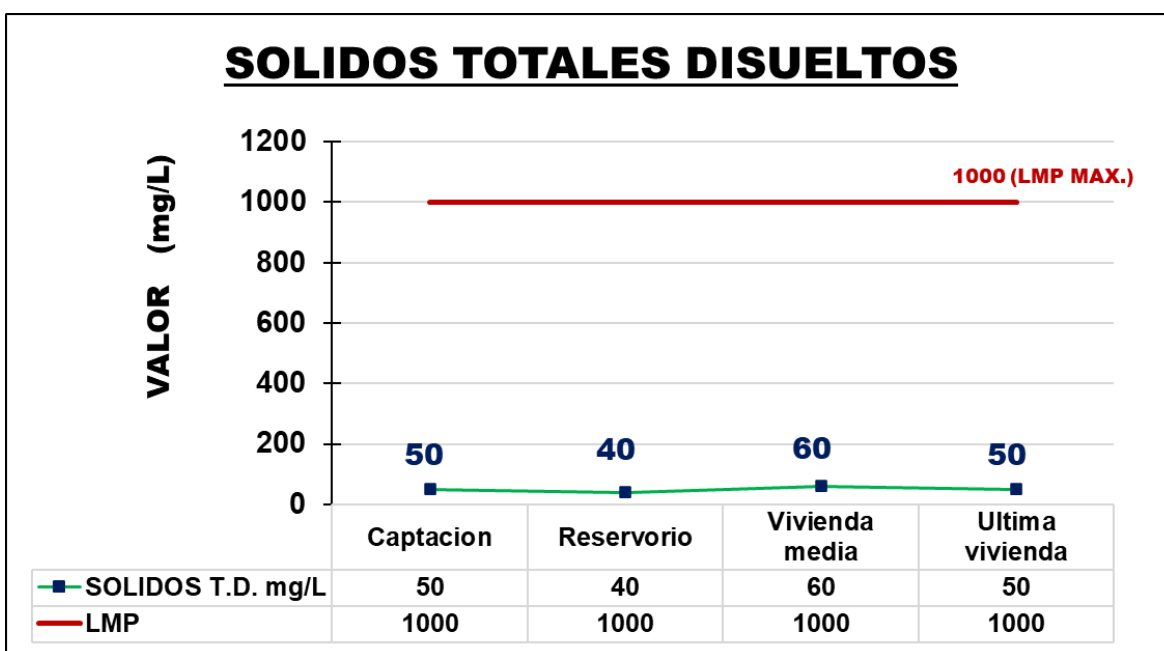
Al comparar estos valores con el Límite Máximo Permisible (LMP) de 15 UPC establecido por la normativa para agua de consumo humano en el DS N° 031 (Ministerio de Salud, 2010), se evidencia que todos los puntos de muestreo se encuentran ampliamente por debajo de este umbral. El valor más alto registrado (4 UPC) representa menos del 27% del límite establecido, lo cual es altamente favorable para la aceptación del agua y sugiere la ausencia de contaminantes que confieran color significativo.

La baja coloración del agua es un indicativo de su pureza intrínseca y la ausencia de materia orgánica disuelta o suspendida en concentraciones elevadas, así como de otros contaminantes inorgánicos que puedan impartir color. La ligera disminución del color de la captación al reservorio (de 3 a 2 UPC) podría indicar una mínima remoción de sustancias coloreadas por sedimentación. Las fluctuaciones menores en la red de distribución (entre 2 y 4 UPC) son insignificantes y no afectan la calidad del agua. Este hallazgo es coherente con los bajos valores de sólidos disueltos totales y la baja turbiedad previamente observados, que en conjunto apuntan a una fuente de agua con mínima carga de impurezas.

Los resultados de color obtenidos en Camacani son consistentes con otros estudios realizados en el distrito de Platería y sus alrededores. En el estudio de Mamani (2024) sobre pozos artesianos en la parcialidad de Lequene, las tres muestras analizadas reportaron el color como "Incoloro", lo que indica valores muy bajos y no cuantificables de acuerdo a sus métodos. De manera similar, los informes de ensayo detallados del estudio de Alcca (2022) para manantiales en Platería muestran valores de color de 2 UPC para las muestras de Quipata - Totorpujo y Jjaquejihuata, y de 7 UPC para la muestra de Estadio de Platería. Todos estos valores se encuentran muy por debajo del LMP de 15 UPC establecido por el D.S. N° 031-2010-SA, lo que sugiere que la baja coloración es una característica común de las fuentes de agua subterránea y manantiales en la región de Platería, reflejando una buena calidad estética general en estas fuentes.

En conclusión, los resultados de color demuestran que el agua del centro poblado Camacani es de excelente calidad en términos de sus características estéticas, cumpliendo ampliamente con los estándares de aptitud para el consumo humano establecidos por la normativa nacional. La estabilidad y los bajos valores registrados a lo largo de la red de distribución son indicativos de una fuente de agua naturalmente pura y visualmente agradable para el consumo.

#### 4.2.1.5. Sólidos totales disueltos



**Figura 07:** Niveles de Sólidos Totales Disueltos (STD) en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) Establecido.

**Fuente:** MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C. y elaboración propia con referencia a D.S. N° 031-2010-SA.

Los resultados de Sólidos Totales Disueltos (STD) expresados en miligramos por litro (mg/L), medidos en los diferentes puntos del sistema de abastecimiento, se presentan en la Figura 07.

Como se muestra en el gráfico, los valores de STD se mantuvieron consistentemente muy bajos a lo largo de todo el sistema de distribución. Se registraron 50 mg/L en la

captación, disminuyendo levemente a 40 mg/L en el reservorio. Posteriormente, se observó un ligero incremento a 60 mg/L en la vivienda media, para luego estabilizarse nuevamente en 50 mg/L en la última vivienda.

Estos resultados están en fuerte correlación con los valores de conductividad eléctrica previamente analizados. La conductividad es una medida directa de la concentración de iones y sales disueltas en el agua, que constituyen los STD. La baja conductividad registrada (entre 90 y 110  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) es, por lo tanto, un reflejo directo de las bajas concentraciones de STD, lo que subraya la pureza de esta fuente de agua.

Al comparar los valores obtenidos con el Límite Máximo Permisible (LMP) de 1000 mg/L establecido por la normativa para agua de consumo humano en el DS N°031 (Ministerio de Salud, 2010), es evidente que todos los puntos de muestreo se encuentran muy por debajo de este umbral. Los valores medidos representan apenas entre el 4% y el 6% del límite establecido, lo que indica una concentración de sólidos disueltos extremadamente baja.

La presencia de STD es natural en el agua y se compone principalmente de sales inorgánicas (minerales, metales) y una pequeña cantidad de materia orgánica. Un bajo contenido de STD es deseable en el agua potable, ya que contribuye a una mejor palatabilidad y, en general, indica una menor presencia de contaminantes disueltos. La ligera variabilidad observada (entre 40 y 60 mg/L) es mínima y no representa ninguna preocupación para la calidad del agua. Las mínimas fluctuaciones a lo largo de la red de distribución son esperables y pueden deberse a procesos naturales de disolución en el trayecto, pero en este caso, dada la pureza inicial del agua de la fuente subterránea, estas variaciones son insignificantes y confirman la estabilidad y limpieza del recurso.

Los niveles de Sólidos Totales Disueltos encontrados en Camacani son comparables con los reportados en otros estudios de la región. El estudio de Mamani (2024) en pozos artesianos de la parcialidad de Lequene, distrito de Platería, reportó valores de SDT de 0.00% (Muestra 01), 32.70 mg/L (Muestra 02), y 127.60 mg/L (Muestra 03). Aunque la Muestra 01 de Mamani (2024) reporta 0.00% de salinidad, la Muestra 03 sí tiene un valor

de SDT de 127.60 mg/L, que es un poco más elevado que los valores de Camacani, pero aún muy por debajo del LMP.

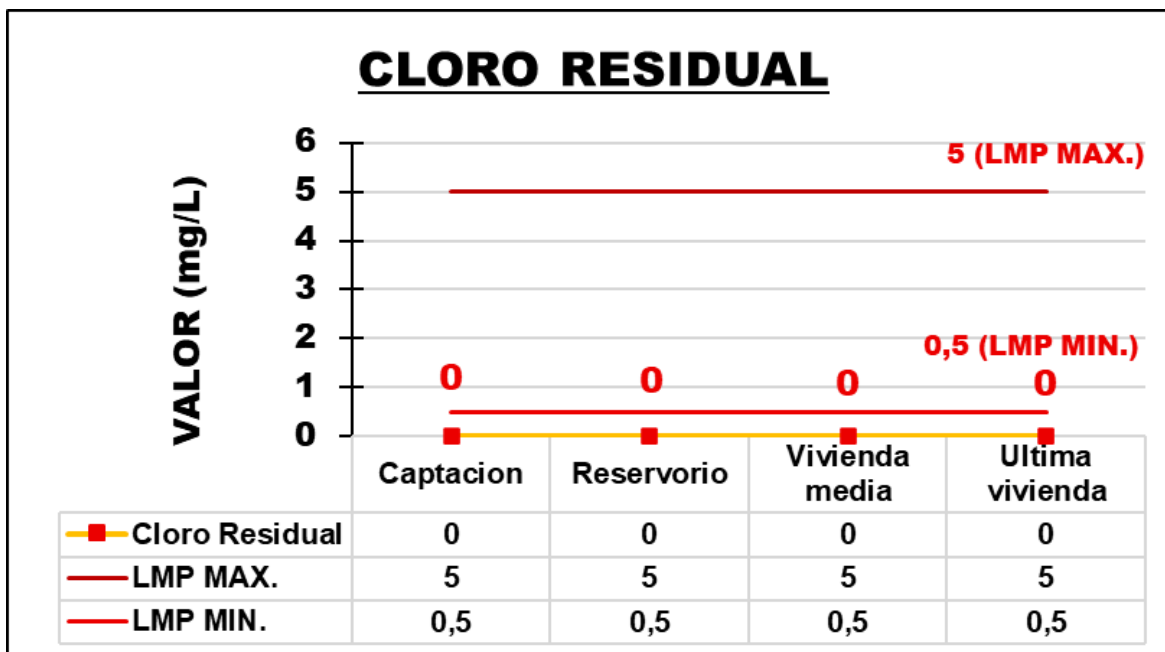
Por su parte, Alcca (2022) encontró SDT de 380 mg/L en Quipata - Totorpujo y 300 mg/L en Plaza de Armas, 690 mg/L en Estadio de Platería y 52 mg/L en Jjaquejhuata. Estos valores, aunque en algunos casos son más altos que los de Camacani (particularmente Estadio con 690 mg/L), también cumplen ampliamente con el LMP de 1000 mg/L. La variación entre fuentes en el estudio de Alcca (desde 52 mg/L en Jjaquejhuata hasta 690 mg/L en Estadio) es esperable debido a la geología y las características específicas de cada manantial.

Finalmente, el estudio de Turpo (2017) en Puno, si bien no es directamente en Platería, muestra valores de SDT de 680 ppm (Chimu 01) y 670 ppm (Chacarilla 02) en uno de sus informes. En otro informe, Chacarilla 02 reporta 410 ppm, y Chimu 02 reporta 693 ppm. Estos valores de Turpo (2017) son más altos que los de Camacani, Mamani (2024) y la mayoría de los puntos de Alcca (2022), pero también se mantienen significativamente por debajo del LMP de 1000 mg/L. La diversidad en los valores de SDT entre estos estudios refleja las diferencias inherentes a cada fuente de agua, ya sea manantial, pozo o agua superficial/tratada, pero la tendencia general es de cumplimiento con la normativa.

En conclusión, los resultados de Sólidos Totales Disueltos confirman la excelente calidad del agua del sistema de abastecimiento en términos de su contenido mineral. Los valores consistentemente bajos y la amplia conformidad con la normativa nacional, en conjunto con la baja conductividad y la temperatura estable, reafirman que el agua es de alta pureza y es completamente apta para el consumo humano.

## 4.2.2. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE PARÁMETROS QUÍMICOS.

### 4.2.2.1. Cloro residual



**Figura 08:** Niveles de Cloro Residual en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) Establecido.

**Fuente:** MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C. y elaboración propia con referencia a D.S. N° 031-2010-SA.

Los resultados del parámetro Cloro Residual, expresados en miligramos por litro (mg/L), obtenidos a lo largo del sistema de abastecimiento de agua del centro poblado Camacani, desde la captación del ojo de agua “UMA JALSU” hasta la última vivienda, se presentan en la Figura 08. Los valores de cloro residual se mantuvieron en 0.00 mg/L en todos los puntos de muestreo a lo largo del sistema de distribución. Específicamente, se registró este valor en la captación (PM1, UTM 19L 407654 8235024), en el reservorio (PM2, UTM 19L 407690 8235600), en la vivienda media (PM3, UTM 19L 408014 8236402), y en la última vivienda (PM4, UTM 19L 408423 8237579).

Al comparar estos valores con el Límite Máximo Permisible (LMP) establecido por la normativa para agua de consumo humano en el D.S. N° 031-2010-SA (Ministerio de

Salud, 2010), se observa que el rango ideal de Cloro Residual Libre es de 0.5 a 5.0 mg/L en cualquier punto de la red, con un mínimo de 0.3 mg/L en el punto más alejado para sistemas con desinfección. En este contexto, los resultados de 0.00 mg/L en todos los puntos de muestreo evidencian un incumplimiento total de los estándares mínimos requeridos para la desinfección efectiva del agua de consumo humano. Esta ausencia total de cloro residual es un hallazgo crítico, ya que el cloro es el desinfectante más comúnmente utilizado para eliminar o inactivar microorganismos patógenos y mantener una calidad microbiológica segura a lo largo de la red de distribución. Este hecho, además, es consistente con los resultados de coliformes totales y termotolerantes previamente analizados, los cuales mostraron niveles por encima de los límites permisibles en la captación y en la red de distribución, confirmando la necesidad de una desinfección.

La ausencia de Cloro Residual en el sistema de Camacani es un hallazgo crítico que requiere atención, especialmente al compararlo con estudios de la misma región que buscan garantizar la salubridad del agua. El estudio realizado por Aguirre & Huaman (2020) en el centro poblado de Camjata, también en el departamento de Puno, abordó una problemática similar de agua de baja calidad y evaluó la influencia de la cloración por goteo en su mejoramiento.

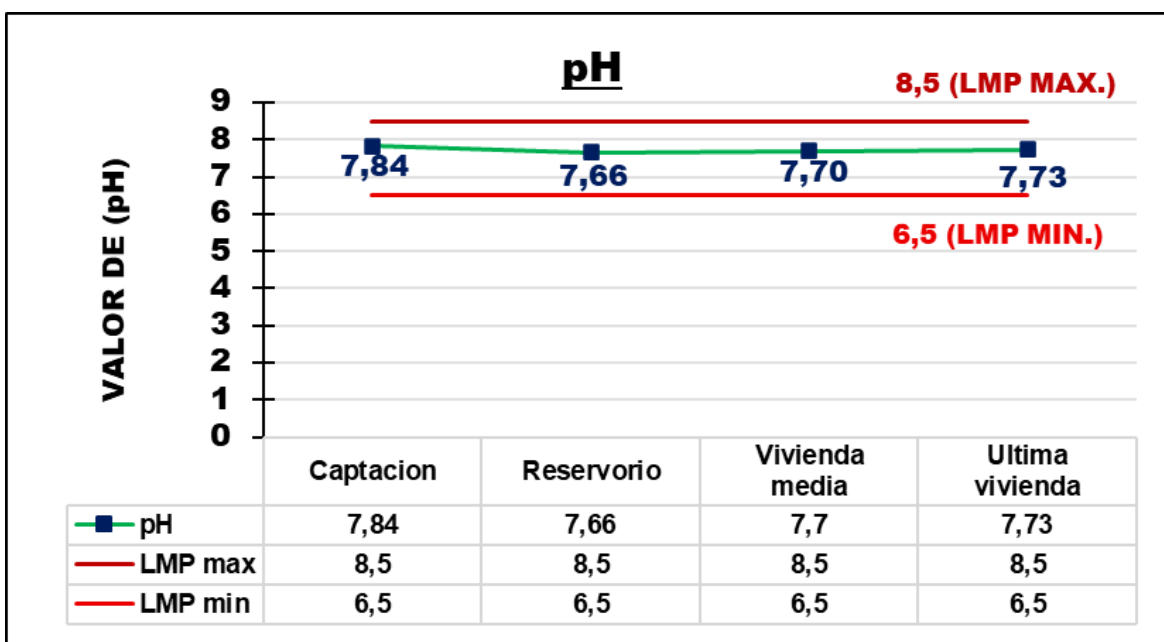
Los resultados de línea base de Aguirre & Huaman (2020), previos a la implementación de la cloración en Camjata, también mostraron 0.00 mg/L de Cloro Residual en la captación, reservorio y domicilio final. Esta similitud en los valores iniciales de cloro residual entre Camacani y Camjata previo a la intervención, sugiere que la falta de desinfección efectiva es un problema recurrente en los sistemas de abastecimiento en comunidades rurales de la región de Puno.

Sin embargo, a diferencia de la situación actual en Camacani, tras la implementación de la cloración por goteo, Aguirre & Huaman (2020) lograron mantener un cloro residual de 0.53 mg/L en el reservorio y 0.50 mg/L en el domicilio final de Camjata. Estos valores se encuentran dentro del rango permitido por el D.S. N° 031-2010-SA (0.5 mg/L a 5.0 mg/L),

demostrando la viabilidad de alcanzar los niveles de desinfección requeridos en la región y, consecuentemente, la reducción de la contaminación microbiológica. La comparación con este estudio refuerza la necesidad de una intervención en Camacani para alcanzar los estándares de cloro residual que garanticen la seguridad sanitaria del agua.

En conclusión, los resultados de cloro residual demuestran que el agua del centro poblado Camacani no está siendo desinfectada adecuadamente o no recibe desinfección alguna, lo cual representa un riesgo significativo para la salud pública al no cumplir con los estándares de calidad para agua de consumo humano.

#### 4.2.2.2. pH



**Figura 09:** Niveles de pH en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025, y su Comparación con los Límites Máximos y Mínimos Permisibles (LMP) Establecidos.

**Fuente:** MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C. y elaboración propia con referencia a D.S. N° 031-2010-SA.

Los resultados del parámetro pH, un indicador crucial de la acidez o alcalinidad del agua, medidos en los diferentes puntos del sistema de abastecimiento de agua desde la captación del ojo de agua “UMA JALSU” hasta la última vivienda, se presentan en la Figura 09.

Como se observa en el gráfico y con los datos precisos, el pH del agua se mantuvo dentro de un rango ligeramente alcalino y con una notable estabilidad a lo largo de todos los puntos de muestreo. Específicamente, se registró un pH de 7.84 en la captación “UMA JALSU”. Posteriormente, se observó un ligero descenso a 7.66 en el reservorio, seguido de un leve incremento a 7.70 en la vivienda media y finalmente, un valor de 7.73 en la última vivienda.

Al comparar estos valores con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por la normativa para el agua de consumo humano en el DS N°031 (Ministerio de Salud, 2010), que especifica un rango de 6.5 a 8.5, se constata que todos los valores de pH medidos (7.84, 7.66, 7.70, 7.73) se encuentran perfectamente dentro de los parámetros permitidos. La variación entre el valor máximo (7.84) y mínimo (7.66) es de apenas 0.18 unidades de pH, lo que resalta la gran estabilidad química del agua a lo largo de su recorrido por el sistema de distribución.

La consistencia del pH en un valor ligeramente alcalino es un indicador muy positivo de la calidad del agua y de la estabilidad química de la fuente. Las aguas subterráneas, como el ojo de agua Uma Jalsu, a menudo exhiben esta característica debido a su interacción con formaciones rocosas que pueden actuar como sistemas amortiguadores naturales, manteniendo el pH dentro de un rango equilibrado. Un pH estable en este rango:

- **Minimiza la corrosión:** Un pH dentro del rango permitido (ni muy ácido ni muy alcalino) ayuda a prevenir la corrosión de las tuberías del sistema de distribución, lo que es crucial para evitar la liberación de metales y mantener la integridad de la infraestructura.
- **Optimiza la efectividad de los tratamientos:** Si se aplicaran tratamientos como la desinfección con cloro, un pH en este rango garantiza una eficiencia adecuada del desinfectante.
- **Mejora la palatabilidad:** El pH afecta el sabor del agua. Un pH ligeramente alcalino es generalmente bien aceptado por los consumidores y no presenta sabores ácidos o alcalinos pronunciados que puedan ser desagradables.

Los resultados de pH obtenidos en Camacani son consistentes con otros estudios de calidad de agua en la región de Puno y el distrito de Platería.

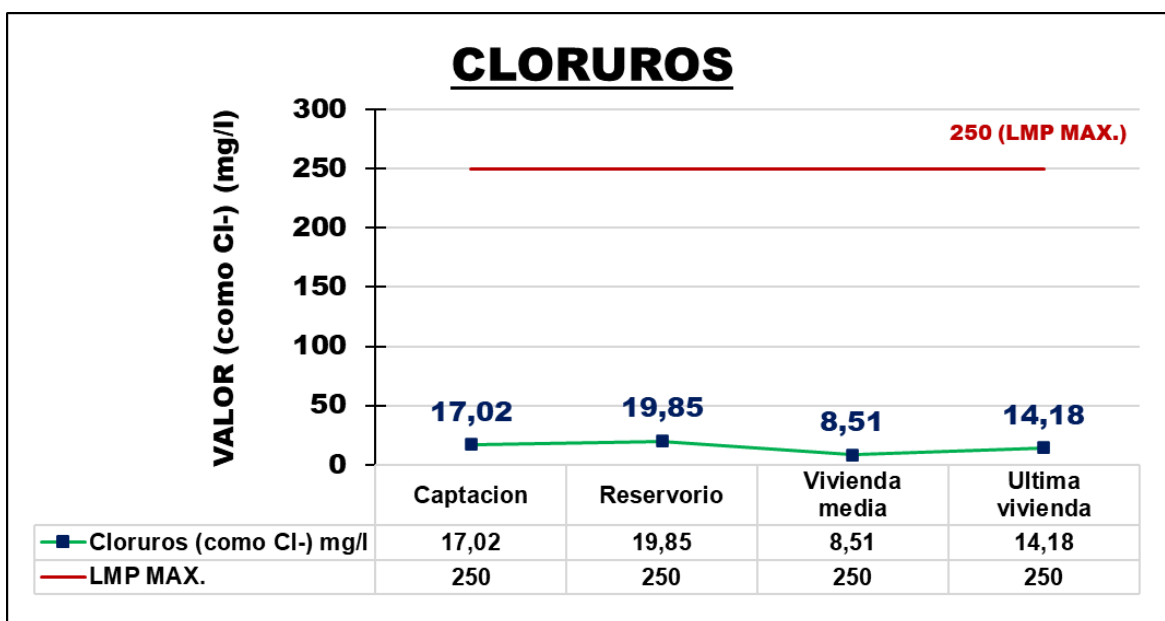
El estudio de Mamani (2024) en pozos artesianos de la parcialidad de Lequene, distrito de Platería, reportó valores de pH de 6.93 (Muestra 01), 7.16 (Muestra 02) y 7.47 (Muestra 03). Todos estos valores se encuentran dentro del rango normativo y oscilan entre ligeramente ácido (6.93) y ligeramente alcalino (7.16 y 7.47), siendo en su mayoría cercanos a la neutralidad y también consistentes con el rango ligeramente alcalino de Camacani.

Por su parte, Alcca (2022), en su estudio de manantiales en Platería, encontró valores de pH de 6.90 para la muestra de Quipata - Totorpujo, 7.20 para Jjaquejihuata, 7.40 para Plaza de Armas y 7.50 para Estadio de Platería. Al igual que los resultados de Mamani (2024), estos valores también están dentro del LMP y reflejan un pH generalmente neutro a ligeramente alcalino en las fuentes de la región, siendo ligeramente menores que los de Camacani, pero aún muy cercanos.

Finalmente, Turpo (2017), en su evaluación de calidad de agua en Puno, reportó valores de pH de 7.00 para Chacarilla 02 y 7.10 para Chimu 01 en uno de sus informes muestra pH de 7.4 para Chacarilla 02 y 7.3 para Chimu 02. Estos resultados también se encuentran dentro del rango permitido y son consistentes con la tendencia de aguas neutras a ligeramente alcalinas en la región de Puno.

En conclusión, los resultados de pH en Camacani demuestran que el agua mantiene una estabilidad sobresaliente dentro del rango ligeramente alcalino, cumpliendo cabalmente con los requisitos de la normativa nacional para agua de consumo humano. Este pH adecuado contribuye significativamente a la seguridad, la estabilidad química y la palatabilidad del agua, y es consistente con los valores de pH generalmente neutros a ligeramente alcalinos reportados en otras fuentes de agua de la región de Platería y Puno.

#### 4.2.2.3. Cloruros



**Figura 10:** Niveles de Cloruros ( $\text{Cl}^-$ ) en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) Establecido.

**Fuente:** MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C. y elaboración propia con referencia a D.S. N° 031-2010-SA.

Los resultados de cloruros ( $\text{Cl}^-$ ) expresados en miligramos por litro (mg/L), medidos en los diferentes puntos del sistema de abastecimiento, desde la captación del ojo de agua “UMA JALSU” hasta la última vivienda, se presentan en la Figura 10.

Como se observa en el gráfico, los valores de cloruros en el agua se mantuvieron consistentemente muy bajos en todos los puntos de muestreo en comparación con el límite permisible. Específicamente, se registró un valor de 17.02 mg/L en la captación “UMA JALSU”, el cual experimentó un leve incremento a 19.85 mg/L en el reservorio. Posteriormente, se observa un descenso notable a 8.51 mg/L en la vivienda media, seguido de un incremento a 14.18 mg/L en la última vivienda.

Al comparar estos valores con el Límite Máximo Permisible (LMP) de 250 mg/L establecido por la normativa para el agua de consumo humano en el DS N° 031 (Ministerio de Salud, 2010), se constata que todas las concentraciones de cloruros

medidas se encuentran significativamente por debajo de este umbral. Los valores más altos registrados apenas alcanzan el 8% del LMP, lo que es un fuerte indicador de la excelente calidad del agua en relación con este parámetro.

Los cloruros son iones comunes que se encuentran naturalmente en el agua, originados por la disolución de rocas y suelos, o por la intrusión de agua salina. También pueden provenir de actividades humanas como descargas de aguas residuales. La presencia de cloruros en concentraciones elevadas (superiores a 250 mg/L) puede afectar el sabor del agua, dándole un gusto salado, y puede aumentar la corrosividad en las tuberías. Los bajos niveles observados en este estudio confirman que la fuente “UMA JALSU” no está significativamente afectada por estas fuentes, y el agua es palatable y no corrosiva por este factor.

Las fluctuaciones observadas a lo largo del sistema son de interés: el ligero aumento de la captación al reservorio (17.02 a 19.85 mg/L) podría atribuirse a una mínima concentración por evaporación en el reservorio, o a una interacción muy leve con los materiales del mismo. La disminución más pronunciada en la vivienda media (de 19.85 a 8.51 mg/L) y el posterior aumento en la última vivienda (a 14.18 mg/L), aunque dentro de un rango de valores bajos, podrían ser objeto de una investigación adicional si existiera algún proceso de mezcla con agua de menor concentración de cloruros en la zona de la vivienda media, o algún otro fenómeno en la red de distribución. No obstante, dado el contexto general de baja mineralización y pureza del agua de “UMA JALSU” (evidenciado por la baja conductividad y STD), estas variaciones no comprometen la calidad del agua para consumo.

Los niveles de cloruros en Camacani son comparables con los reportados en otros estudios de calidad de agua en la región, confirmando una tendencia general de bajas concentraciones.

El estudio de Mamani (2024) en pozos artesianos de la parcialidad de Lequene, distrito de Platería, reportó valores de cloruros de 0.00 mg/L (Muestra 01), 14.20 mg/L (Muestra 02), y 35.50 mg/L (Muestra 03). Si bien la Muestra 01 presenta una ausencia total, los

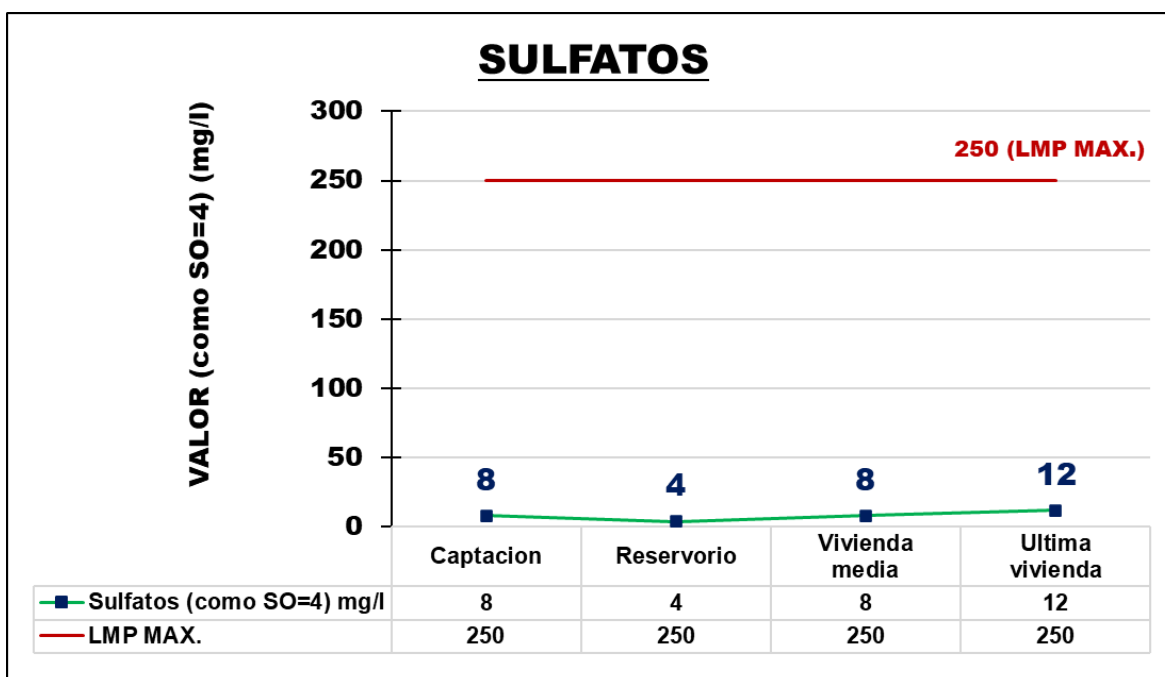
valores de las Muestras 02 y 03 son muy similares o ligeramente superiores a los de Camacani, pero todos consistentemente muy por debajo del LMP.

Por su parte, Alcca (2022) encontró concentraciones de cloruros en manantiales de Platería que variaron desde 2.5 mg/L en Jjaquejihuata hasta 150 mg/L en Estadio de Platería. Otros puntos como Quipata - Totorpujo reportaron 25.0 mg/L y Plaza de Armas 32.5 mg/L. Aunque algunos de estos valores, especialmente el de Estadio (150 mg/L), son notablemente más altos que los de Camacani, todos cumplen ampliamente con el LMP de 250 mg/L, y muestran la variabilidad natural de las fuentes en la región. Los valores de Camacani se sitúan en el extremo inferior de este rango regional.

Finalmente, el estudio de Turpo (2017) en Puno reportó valores de cloruros de 56.88 ppm (equivalente a mg/L) para Chacarilla 02 y 60.33 ppm para Chimu 01 en uno de sus informes indica 39.0 ppm para Chacarilla 02 y 67.0 ppm para Chimu 02. Estos valores son consistentemente más altos que los de Camacani y Mamani (2024), y también más altos que la mayoría de los puntos de Alcca (2022), pero igualmente se mantienen muy por debajo del LMP de 250 mg/L, reforzando la aptitud del agua en Puno respecto a este parámetro.

En conclusión, los resultados de cloruros confirman que el agua del sistema de abastecimiento en el centro poblado Camacani es de excelente calidad, con concentraciones muy por debajo del límite permisible por la normativa peruana. La baja presencia de cloruros contribuye a la buena palatabilidad del agua y a la protección de la infraestructura de distribución, reforzando la aptitud del agua para el consumo humano y siendo coherente con las bajas concentraciones generales observadas en fuentes de agua de la región.

#### 4.2.2.4. Sulfatos



**Figura 11:** Concentración de Sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreada en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) Establecido.

**Fuente:** MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C. y elaboración propia con referencia a D.S. N° 031-2010-SA.

Los resultados de sulfatos (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) expresados en miligramos por litro (mg/L), medidos en los diferentes puntos del sistema de abastecimiento de agua desde la captación del ojo de agua UMA JALSU hasta la última vivienda, se presentan en la Figura 11.

Como se observa en el gráfico, las concentraciones de sulfatos en el agua se mantuvieron extremadamente bajas en todos los puntos de muestreo, mostrando una ligera variabilidad a lo largo del sistema. Los valores registrados fueron: 8 mg/L en la captación (UMA JALSU), disminuyendo a 4 mg/L en el reservorio. Posteriormente, se observó un incremento a 8 mg/L en la vivienda media, y un ligero aumento adicional a 12 mg/L en la última vivienda.

Al comparar estos valores con el Límite Máximo Permisible (LMP) de 250 mg/L establecido por la normativa para el agua de consumo humano en el DS N° 031

(Ministerio de Salud, 2010), se constata que todas las concentraciones de sulfatos medidas se encuentran muy significativamente por debajo de este umbral. El valor más alto registrado (12 mg/L) representa menos del 5% del LMP, lo que es un claro indicador de la excelente calidad del agua en relación con este parámetro.

Los sulfatos son iones naturales presentes en el agua, provenientes de la disolución de minerales sulfatados en las formaciones rocosas. En concentraciones elevadas (generalmente superiores a 250-500 mg/L, dependiendo de la sensibilidad individual), los sulfatos pueden impartir un sabor amargo al agua, y tener un efecto laxante. Los niveles extremadamente bajos observados en este estudio aseguran que el agua de UMA JALSU no presenta estos inconvenientes, contribuyendo a su buena palatabilidad y salubridad.

Existen pequeñas fluctuaciones en los niveles de sulfato, aunque dentro de un rango muy bajo. El descenso de 8 mg/L a 4 mg/L del ojo de agua UMA JALSU al reservorio podría estar relacionado con procesos de sedimentación de partículas que contengan sulfatos o una mínima dilución. El posterior incremento gradual en la red de distribución (de 4 mg/L en el reservorio a 12 mg/L en la última vivienda), podría deberse a una muy leve disolución de materiales en las tuberías o a la suspensión de depósitos en el sistema. Sin embargo, dado el contexto general de pureza del agua de "UMA JALSU" y que los valores se mantienen en un orden de magnitud muy inferior al límite normativo, estas variaciones no tienen implicaciones negativas para la calidad del agua.

Las concentraciones de sulfatos en Camacani son consistentemente bajas, lo cual es una tendencia observada en otras fuentes de agua en la región de Puno y Platería, aunque con cierta variabilidad dependiendo del origen.

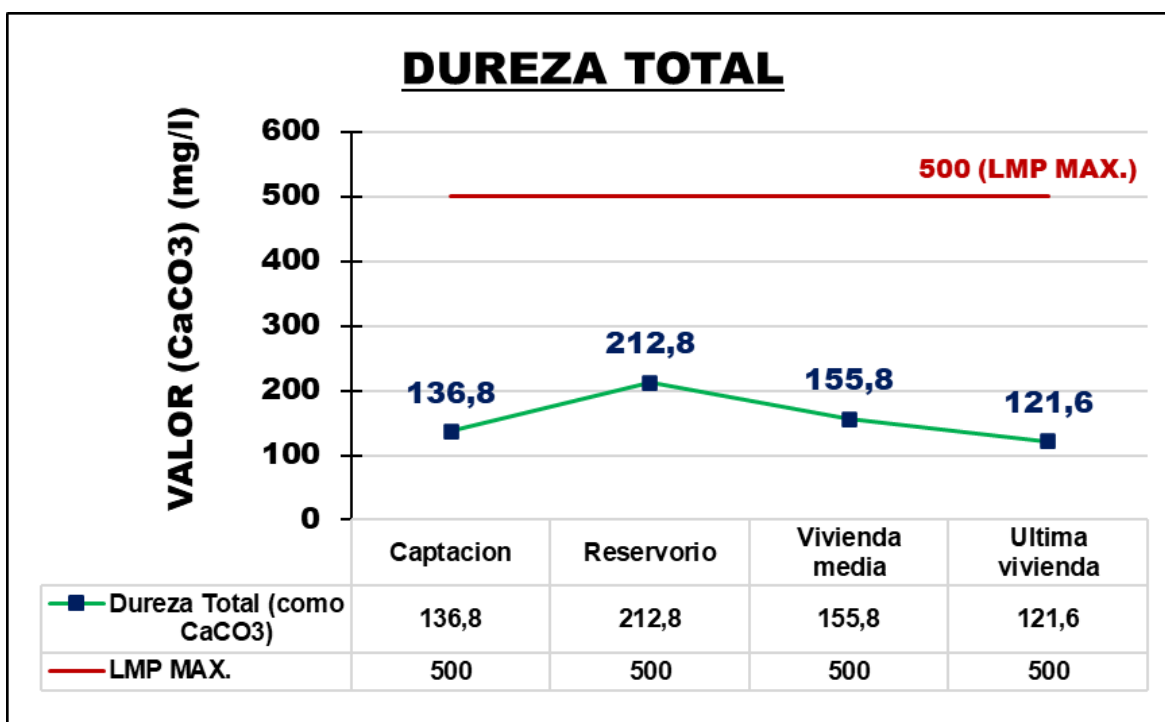
El estudio de Mamani (2024) en pozos artesianos de la parcialidad de Lequene, distrito de Platería, reportó valores de sulfatos de 0.00 mg/L (Muestra 01), 7.10 mg/L (Muestra 02) y 10.20 mg/L (Muestra 03). Estos resultados son muy similares a los de Camacani, especialmente para las muestras 02 y 03, y todos se encuentran muy por debajo del LMP. Por su parte, Alcca (2022), en su estudio de manantiales en Platería, encontró valores de sulfatos que variaron desde 25.0 mg/L en Jjaquejihuata hasta 120 mg/L en Estadio de

Platería. Otros puntos como Quipata - Totorpujo reportaron 25.0 mg/L y Plaza de Armas 30.0 mg/L. Si bien estos valores son generalmente más altos que los de Camacani y Mamani (2024), especialmente el de Estadio (120 mg/L), todos cumplen ampliamente con el LMP de 250 mg/L, reflejando la diversidad de las formaciones geológicas de las que provienen las aguas.

Finalmente, el estudio de Turpo (2017) en Puno reportó concentraciones de sulfatos de 55.0 ppm (equivalente a mg/L) para Chacarilla 02 y 61.0 ppm para Chimu 01 en uno de sus informes indica 35.0 ppm para Chacarilla 02 y 64.0 ppm para Chimu 02. Estos valores, aunque más altos que los de Camacani y Mamani (2024), y en el rango de Alcca (2022), también se mantienen muy por debajo del LMP de 250 mg/L, lo que es positivo para la calidad del agua en la región.

En conclusión, los resultados de sulfatos confirman que el agua del centro poblado Camacani es de excelente calidad en términos de su composición de sulfatos, con concentraciones muy inferiores a las establecidas por la normativa peruana. La baja presencia de sulfatos contribuye a la buena aceptabilidad organoléptica del agua y su aptitud para el consumo humano, y es coherente con las concentraciones generalmente bajas a moderadas observadas en otras fuentes de agua de la región.

#### 4.2.2.5. Dureza total



**Figura 12:** Niveles de Dureza Total (como CaCO<sub>3</sub>) en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permissible (LMP) Establecido.

**Fuente:** MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C. y elaboración propia con referencia a D.S. N° 031-2010-SA.

Los resultados de dureza total (expresados como CaCO<sub>3</sub> en miligramos por litro, mg/L), que cuantifican la concentración de iones de calcio y magnesio en el agua, medidos en los diferentes puntos del sistema de abastecimiento, desde la captación del ojo de agua “UMA JALSU” hasta la última vivienda, se presentan en la Figura 12.

Como se observa en el gráfico, los valores de dureza total exhibieron una variación significativa a lo largo del sistema de distribución, aunque siempre manteniéndose muy por debajo del límite permisible. Específicamente, se registró una dureza de 136.8 mg/L en la captación (UMA JALSU). Este valor se incrementó notablemente a 212.8 mg/L en el reservorio. Posteriormente, se observó un descenso gradual, registrándose 155.8 mg/L en la vivienda media y 121.6 mg/L en la última vivienda.

Al comparar estos valores con el Límite Máximo Permisible (LMP) de 500 mg/L establecido por la normativa para agua de consumo humano en el DS N° 031 (Ministerio de Salud, 2010), se constata que todas las concentraciones de dureza total medidas se encuentran ampliamente por debajo de este umbral. Incluso el valor máximo de 212.8 mg/L en el reservorio representa menos del 43% del LMP, lo que confirma la seguridad del agua para el consumo humano en este aspecto.

La dureza del agua se clasifica comúnmente según la concentración de  $\text{CaCO}_3$ . Basado en clasificaciones generales:

- La dureza en la captación (136.8 mg/L), vivienda media (155.8 mg/L) y última vivienda (121.6 mg/L) se clasifica como "dura" (generalmente entre 121-180 mg/L).
- El valor en el reservorio (212.8 mg/L) se clasifica como "muy dura" (generalmente superior a 180 mg/L).

Es importante destacar que, si bien la dureza del agua en estos niveles no representa un riesgo para la salud, puede tener implicaciones en el uso doméstico. El agua dura tiende a requerir más jabón para producir espuma y puede causar acumulación de sarro o incrustaciones en tuberías, grifos y electrodomésticos (como hervidores de agua o calentadores), especialmente a temperaturas elevadas.

Las fluctuaciones observadas en la dureza total son significativas:

- El incremento considerable de la captación al reservorio (de 136.8 a 212.8 mg/L) sugiere una posible interacción del agua con las paredes o el fondo del reservorio, o con materiales geológicos circundantes, lo que podría liberar iones de calcio y magnesio. También podría ser un efecto de concentración debido a la evaporación en el reservorio, aunque los volúmenes almacenados y el tiempo de residencia deberían evaluarse para confirmar esto.
- El posterior descenso gradual a lo largo de la red de distribución (de 212.8 a 121.6 mg/L) podría deberse a la precipitación de algunos de estos minerales de dureza a lo largo de las tuberías o, menos probable en este escenario, a una dilución con alguna fuente de agua más blanda que no ha sido identificada. Sin embargo, esta reducción

hacia los puntos de consumo final es favorable para mitigar los efectos de la dureza en los usuarios.

La dureza total del agua en Camacani se encuentra en el rango de "dura" a "muy dura", una característica compartida con otras fuentes de agua en la región de Puno y el distrito de Platería, lo que sugiere una geología rica en minerales que contribuyen a este parámetro.

El estudio de Mamani (2024) en pozos artesianos de la parcialidad de Lequene, distrito de Platería, reportó valores de dureza total de 106.8 mg/L (Muestra 01), 142.2 mg/L (Muestra 02) y 154.5 mg/L (Muestra 03). Estos valores se clasifican como "dura" y son muy similares a los encontrados en la captación y en los puntos de distribución de Camacani, confirmando una dureza comparable en fuentes de agua subterránea cercanas. Todos cumplen con el LMP.

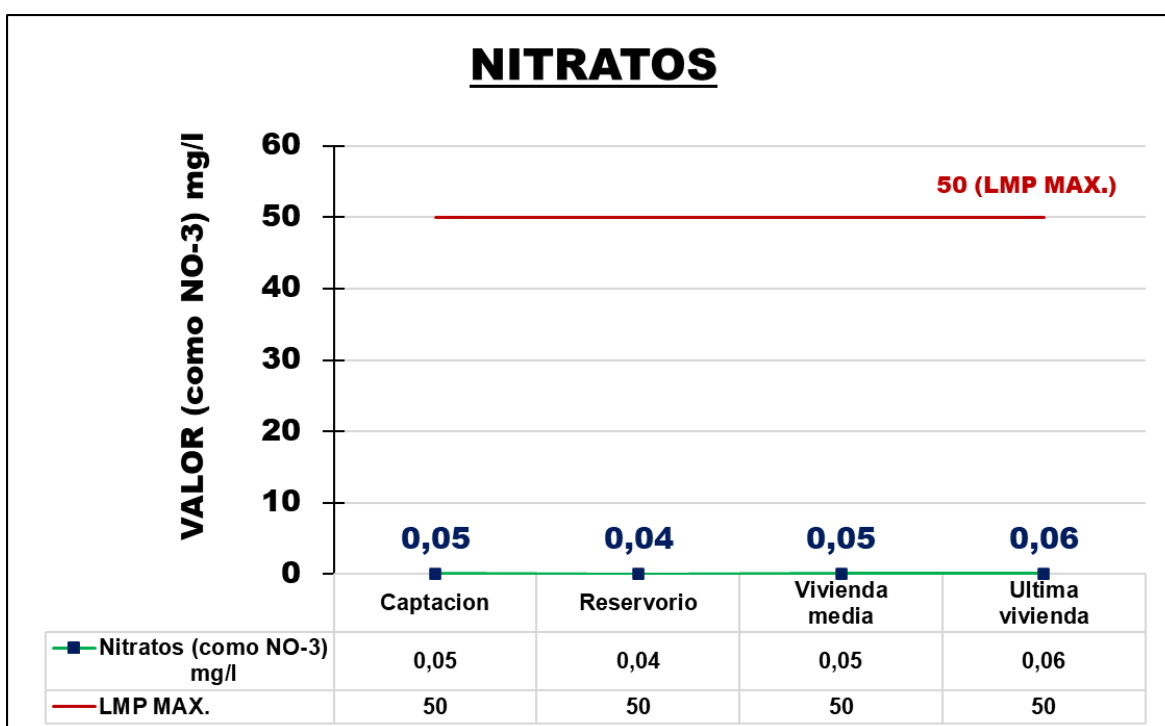
Por su parte, Alcca (2022), en su estudio de manantiales en Platería, encontró valores de dureza total que oscilaron entre 100.0 mg/L en Jjaquejihuata y 280.0 mg/L en Estadio de Platería. Otros puntos como Quipata - Totorpujo reportaron 110.0 mg/L y Plaza de Armas 130.0 mg/L. Estos rangos, que incluyen valores clasificados como "dura" a "muy dura", son muy consistentes con los resultados de Camacani, incluso superando el valor máximo observado en tu estudio (212.8 mg/L vs 280.0 mg/L en Estadio), pero siempre dentro del límite normativo.

Finalmente, el estudio de Turpo (2017) en Puno reportó valores de dureza total de 130.0 ppm (equivalente a mg/L) para Chacarilla 02 y 140.0 ppm para Chimú 01 en uno de sus informes indica 120.0 ppm para Chacarilla 02 y 160.0 ppm para Chimú 02, estos valores también se clasifican como "dura" y son notablemente similares a los registrados en la captación y puntos de distribución de Camacani, reforzando la idea de que la dureza del agua en este rango es una característica común en las fuentes de agua de la región.

En conclusión, los resultados de dureza total indican que el agua del centro poblado Camacani, si bien se clasifica como "dura" a "muy dura" en ciertos puntos, cumple cabalmente con el Límite Máximo Permisible establecido por la normativa peruana. Esta

característica es consistente con las observaciones en otras fuentes de agua de la región de Puno y Platería, reflejando su origen geológico. Aunque los niveles de dureza pueden tener implicaciones operativas en el hogar, no comprometen la aptitud del agua para el consumo humano desde una perspectiva de salud.

#### 4.2.2.6. Nitratos



**Figura 13:** Concentración de Nitratos (como NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreada en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) Establecido.

**Fuente:** MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C. y elaboración propia con referencia a D.S. N° 031-2010-SA.

Los resultados de nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) expresados en miligramos por litro (mg/L), un parámetro indicador de la posible contaminación por materia orgánica y nutrientes, medidos en los diferentes puntos del sistema de abastecimiento de agua desde la captación del ojo de agua UMA JALSU hasta la última vivienda, se presentan en la Figura 13.

Como se observa en el gráfico, las concentraciones de nitratos en el agua se mantuvieron excepcionalmente bajas y estables en todos los puntos de muestreo a lo largo de la red

de distribución. Específicamente, se registró un valor de 0.05 mg/L en la captación (UMA JALSU), disminuyendo ligeramente a 0.04 mg/L en el reservorio. Posteriormente, se observó un leve incremento a 0.05 mg/L en la vivienda media y a 0.06 mg/L en la última vivienda.

Al comparar estos valores con el Límite Máximo Permisible (LMP) de 50 mg/L establecido por la normativa para agua de consumo humano en el DS N° 031 (Ministerio de Salud, 2010), se constata que todas las concentraciones de nitratos medidas se encuentran drásticamente por debajo de este umbral. Los valores registrados representan menos del 0.12% del LMP, lo que es un indicador contundente de la pureza y la ausencia de contaminación significativa por nitratos.

Los niveles extremadamente bajos y estables de nitratos observados en este estudio confirman que el agua de "UMA JALSU" y su sistema de distribución están libres de contaminación significativa por nitratos. Esto es de vital importancia para la salud pública, ya que altas concentraciones de nitratos en el agua potable pueden causar methemoglobinemia o el "síndrome del bebé azul" en lactantes menores de seis meses, una condición que reduce la capacidad de la sangre para transportar oxígeno, subrayando así la seguridad microbiológica y química de la fuente.

La insignificante fluctuación de los valores (apenas 0.02 mg/L entre el mínimo y el máximo) a lo largo del sistema de distribución refuerza la idea de un sistema bien protegido de influencias externas y una fuente de agua intrínsecamente limpia. Esta observación es consistente con los bajos valores de conductividad y sólidos disueltos totales reportados anteriormente, que en conjunto pintan un cuadro de una fuente de agua muy limpia.

Las concentraciones de nitratos en Camacani son excepcionalmente bajas, una característica positiva compartida con otras fuentes de agua estudiadas en la región de Puno y el distrito de Platería, lo que sugiere una baja influencia de actividades antropogénicas que puedan contribuir a este contaminante.

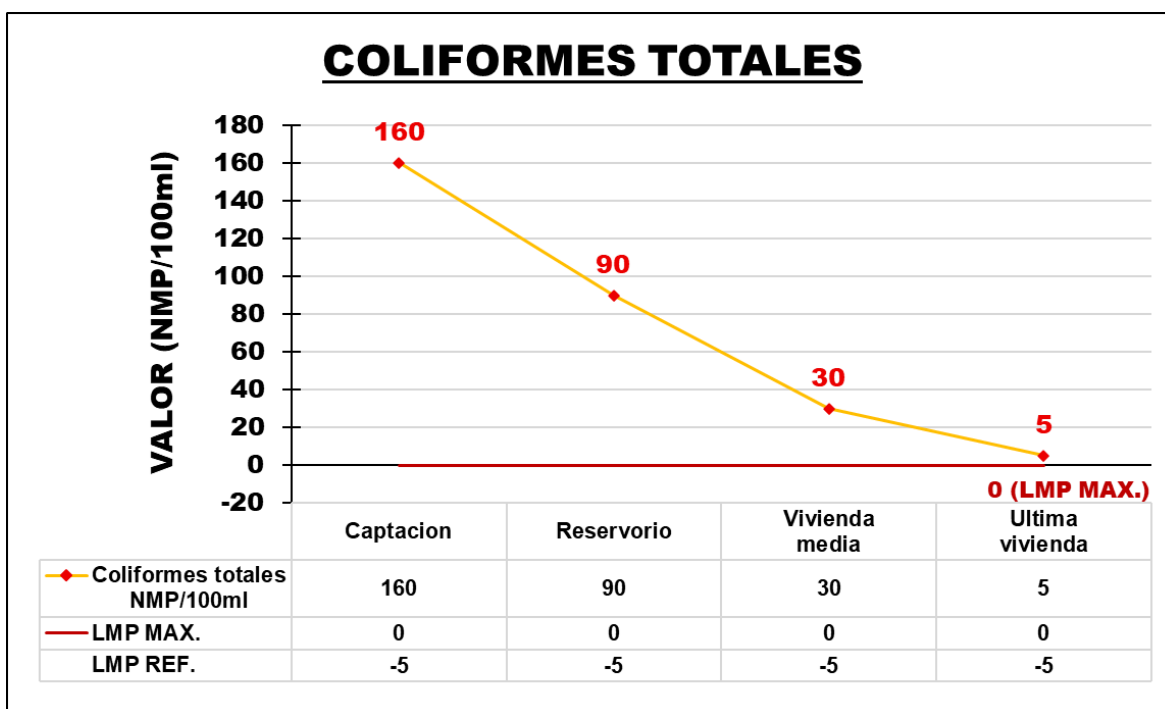
El estudio de Mamani (2024) en pozos artesianos de la parcialidad de Lequene, distrito de Platería, reportó valores de nitratos de 0.00 mg/L (Muestra 01), 0.00 mg/L (Muestra 02) y 0.00 mg/L (Muestra 03). La ausencia total de nitratos en estas muestras refuerza la pureza de las fuentes subterráneas en la zona y es aún menor que los ya bajísimos niveles observados en Camacani.

Por su parte, Alcca (2022), en su estudio de manantiales en Platería, encontró valores de nitratos consistentemente muy bajos: 0.1 mg/L para Quipata - Totorpujo, 0.2 mg/L para Jjaquejihuata, 0.2 mg/L para Plaza de Armas y 0.1 mg/L para Estadio de Platería. Estos valores son ligeramente superiores a los de Camacani, pero aún se mantienen en niveles insignificantes, muy por debajo del LMP de 50 mg/L, indicando una calidad similar en las fuentes naturales de la región.

En conclusión, los resultados de nitratos confirman que el agua del centro poblado Camacani es de una calidad excepcional en lo que respecta a la contaminación por nitratos, cumpliendo con creces los estándares de la normativa nacional. La ausencia de concentraciones significativas de nitratos es un indicador fundamental de la seguridad y pureza del agua para el consumo humano, especialmente para los grupos más vulnerables, y es consistente con los niveles muy bajos o ausentes reportados en otras fuentes de agua subterráneas y manantiales en el distrito de Platería.

#### **4.2.3. Representación gráfica de parámetros microbiológicos.**

#### 4.2.3.1. Coliformes totales



**Figura 14:** Niveles de Coliformes Totales en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) Establecido.

**Fuente:** MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C. y elaboración propia con referencia a D.S. N° 031-2010-SA.

Los resultados de coliformes totales, expresados en Número Más Probable por 100 mililitros (NMP/100ml), un indicador esencial de la calidad higiénico-sanitaria del agua que evalúa la presencia de bacterias de origen ambiental y fecal, medidos en los diferentes puntos del sistema de abastecimiento desde la captación del ojo de agua “UMA JALSU” hasta la última vivienda, se presentan en la Figura 14.

Como se observa en el gráfico, se detectó alta presencia de coliformes totales en todos los puntos de muestreo a lo largo del sistema. Se registró una concentración inicial de 160 NMP/100ml en la captación (UMA JALSU). Aunque se apreció una disminución gradual a lo largo de la red de distribución (90 NMP/100ml en el reservorio y 30 NMP/100ml en la vivienda media), el valor en la última vivienda aún fue de 5 NMP/100ml.

Al comparar estos resultados con el Límite Máximo Permissible (LMP) establecido por la normativa para agua de consumo humano en el DS N° 031 (Ministerio de Salud, 2010), el cual es 0 NMP/100ml, se constata que todas las muestras analizadas superan este valor normativo, sin excepción. Esto es un indicativo claro de que el agua no cumple con los estándares mínimos de calidad microbiológica para ser considerada potable.

La presencia de coliformes totales, es una señal de alerta sobre la integridad sanitaria del sistema de abastecimiento. Sugiere una falla en la protección de la fuente, o en el proceso de tratamiento, o en la red de distribución que permite la entrada de contaminación. Los valores elevados en la captación (160 NMP/100ml) refuerzan la preocupación previamente identificada con los coliformes termotolerantes, indicando que la fuente "UMA JALSU" está expuesta a fuentes de contaminación bacteriana.

Aunque se observa una reducción en la carga bacteriana a medida que el agua avanza por el sistema (de 160 NMP/100ml en la captación a 5 NMP/100ml en la última vivienda), esta disminución es insuficiente para alcanzar el nivel de potabilidad requerido. La persistencia de coliformes totales en el punto de consumo final (5 NMP/100ml) significa que el agua que llega a los hogares del centro poblado Camacani no es segura para el consumo humano directo, y existe un riesgo potencial para la salud de la población. Esta situación resalta la necesidad de implementar barreras efectivas contra la contaminación, principalmente a través de la desinfección.

La situación de Camacani refleja la vulnerabilidad de fuentes de agua sin tratamiento adecuado en la región de Puno y subraya la necesidad de intervención.

- El estudio de Aguirre y Huaman (2020) en el Centro Poblado Camjata, Moho, Puno, es un referente directo. Sus datos pre-cloración mostraron que los coliformes totales se encontraban en niveles significativos, con valores desde 54.00 UFC/100 mL en el manantial hasta 82.00 UFC/100 mL en piletas de la red sin tratamiento. Estos valores, si bien ligeramente inferiores a los 160 NMP/100mL de Camacani en la captación, ya representaban un grave incumplimiento del LMP. Es crucial destacar que, mediante la implementación de cloración, Aguirre & Huaman (2020) lograron

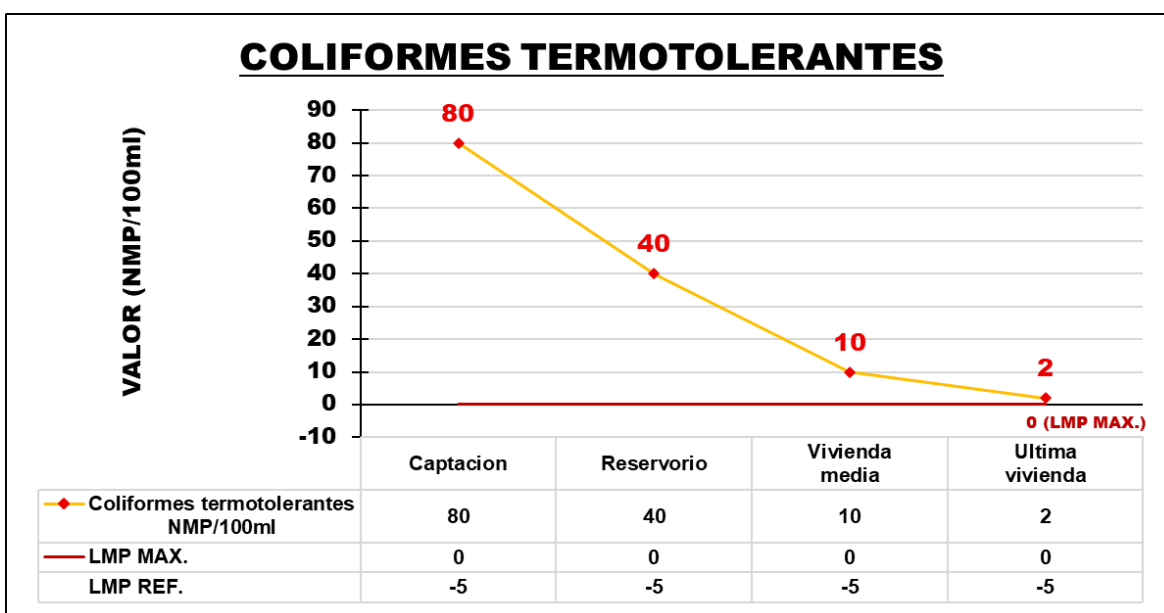
revertir esta situación, demostrando la eficacia de la desinfección para alcanzar la potabilidad. En sus informes de laboratorio pos-tratamiento, se observa que lograron reducir los coliformes totales a valores de  $<1$  NMP/100mL, lo que subraya la necesidad de una intervención similar y urgente en Camacani.

- Los estudios de Mamani (2024) en pozos artesianos de la parcialidad de Lequene, distrito de Platería, contrastan fuertemente con los hallazgos de Camacani al reportar la ausencia total de coliformes totales ( $<1$  UFC/100mL) en las muestras analizadas. Esto indica la existencia de fuentes subterráneas naturalmente protegidas y de alta calidad microbiológica en algunas zonas de la región.
- Turpo (2017) también documentó la presencia de coliformes totales en fuentes de agua en Puno, con resultados que variaron entre  $<3$  NMP/100mL y 93 NMP/100mL en diferentes muestreos de los sectores Chimú y Chacarilla. Particularmente, la muestra de Chimú 01 arrojó 93 NMP/100mL de coliformes totales en un informe y 75 NMP/100mL en otro, lo cual es comparable e incluso superior a tus resultados en puntos intermedios y finales de la red de Camacani, destacando la prevalencia de esta problemática en la región sin un tratamiento adecuado.
- En contraste, Alcca (2022), en su estudio de manantiales en Platería, también reportó la presencia de coliformes totales en algunas fuentes, con valores como 23 NMP/100mL para Jjaquejihuata y 110 NMP/100mL para Estadio de Platería. Estos datos, especialmente los 110 NMP/100mL en Estadio de Platería, son un claro indicio de contaminación sin tratamiento efectivo y son comparables a los niveles de riesgo persistente observados en la red de Camacani, reforzando la idea de que la desinfección es una medida crítica para estas fuentes.

En conclusión, los resultados de coliformes totales, confirman de manera contundente que el agua del centro poblado Camacani no es apta para el consumo humano directo debido a una severa y persistente contaminación microbiológica. A pesar de los resultados favorables en parámetros físico-químicos, la calidad microbiológica es un factor determinante e intransigente para la potabilidad del agua. Esta situación no solo

incumple flagrantemente la normativa nacional (LMP de 0 NMP/100mL), sino que también representa un riesgo inaceptable y significativo para la salud de toda la población, exponiéndolos a enfermedades de origen hídrico. Es imperativo y urgente implementar acciones correctivas inmediatas, principalmente a través de la desinfección eficaz (cloración) del agua, así como la protección integral de la fuente y de toda la red de distribución, para salvaguardar la salud pública en Camacani.

#### 4.2.3.2. Coliformes termotolerantes



**Figura 15:** Niveles de Coliformes Termotolerantes en el Agua del Centro Poblado Camacani - Distrito Platería, Monitoreados en Junio de 2025, y su Comparación con el Límite Máximo Permisible (LMP) Establecido.

**Fuente:** MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C. y elaboración propia con referencia a D.S. N° 031-2010-SA.

Los resultados de coliformes termotolerantes, expresados en Número Más Probable por 100 mililitros (NMP/100ml), un indicador microbiológico fundamental de la posible contaminación fecal y de la calidad sanitaria del agua, medidos en los diferentes puntos del sistema de abastecimiento desde la captación del ojo de agua “UMA JALSU” hasta la última vivienda, se presentan en la Figura 15.

Como se observa en el gráfico, se detectó la presencia de coliformes termotolerantes en todos los puntos de muestreo. Se registró una concentración inicial de 80 NMP/100ml en la captación. Aunque se observó una reducción progresiva a lo largo del sistema (40 NMP/100ml en el reservorio, 10 NMP/100ml en la vivienda media), el valor en la última vivienda aún fue de 2 NMP/100ml.

Al comparar estos resultados con el Límite Máximo Permisible (LMP) establecido por la normativa para agua de consumo humano en el DS N° 031 (Ministerio de Salud, 2010), el cual es 0 NMP/100ml, se constata que todos los puntos de muestreo exceden este estándar crítico. Esto indica que el agua, en cada etapa del sistema de distribución, no cumple con los requisitos mínimos de calidad microbiológica para ser considerada segura para el consumo humano directo.

Los coliformes termotolerantes son un grupo de bacterias que incluyen al *Escherichia coli* y otros coliformes de origen fecal, cuya presencia en el agua es un indicador inequívoco de contaminación reciente por heces de origen humano o animal. Esta contaminación representa un riesgo directo y significativo para la salud pública, ya que puede estar asociada con la presencia de microorganismos patógenos causantes de enfermedades de origen hídrico, como gastroenteritis, diarrea, cólera y otras infecciones.

La alta concentración inicial de 80 NMP/100ml en la captación "UMA JALSU" es un hallazgo crítico que sugiere que la fuente de agua misma es vulnerable a la contaminación fecal. Esto podría deberse a la infiltración de aguas superficiales con heces de animales, una protección inadecuada del "ojo de agua", o actividades antropogénicas cercanas. Aunque la reducción observada a lo largo del sistema (80 → 40 → 10 → 2 NMP/100ml) es positiva y puede atribuirse a procesos naturales de atenuación bacteriana o sedimentación en el reservorio, esta disminución es insuficiente para alcanzar la potabilidad. La persistencia de 2 NMP/100ml en la última vivienda significa que el agua que llega a los hogares del centro poblado Camacani no es segura para beber sin un tratamiento previo.

La prevalencia de coliformes termotolerantes en Camacani se sitúa en un rango preocupante en comparación con otros estudios en la región, subrayando la urgencia de una intervención efectiva.

- El estudio de Aguirre & Huaman (2020) en el Centro Poblado Camjata, Moho, Puno, es un caso de estudio relevante. Sus datos pre-cloración mostraron la presencia de coliformes termotolerantes con valores que oscilaron desde 12.00 UFC/100 mL en el manantial hasta 20.00 UFC/100 mL en piletas de la red sin tratamiento previo. Si bien estos valores iniciales eran menores que los observados en la captación de Camacani (12-20 UFC/100mL vs. 80 NMP/100mL), la aplicación de la cloración por goteo permitió a Aguirre & Huaman (2020) reducir significativamente estos coliformes a un valor de 1.8 UFC/100 mL. Es importante destacar que, a pesar de esta reducción, este valor final aún no cumple con el Límite Máximo Permisible de 0 NMP/100mL establecido por la normativa peruana para agua de consumo humano, lo que sugiere que incluso con implementación de sistemas, el monitoreo y ajuste continuo son cruciales para alcanzar la potabilidad total. No obstante, este estudio demuestra que un tratamiento adecuado puede llevar a una mejora sustancial de la calidad y reducción del riesgo sanitario, incluso con una fuente inicialmente contaminada.
- En fuerte contraste, los estudios de Mamani (2024) en pozos artesianos de Lequene, distrito de Platería, reportaron la ausencia total de coliformes fecales (<1 UFC/100mL), lo que indica la existencia de fuentes subterráneas naturalmente protegidas y de alta calidad microbiológica en ciertas áreas de la región.
- Turpo (2017), en sus muestreos de los sectores Chimú y Chacarilla, también documentó la presencia de coliformes fecales, aunque en menor medida que los totales. Reportó <3 NMP/100mL en varias muestras, pero también un valor de 3 NMP/100mL en la muestra Chimú 01 en un informe. Este valor de 3 NMP/100mL es comparable y ligeramente superior al 2 NMP/100mL observado en la última vivienda

de Camacani, reforzando la idea de que la contaminación fecal persistente en el punto de consumo es un problema recurrente sin desinfección.

- Por su parte, Alcca (2022), en su estudio de manantiales en Platería, encontró niveles variables de coliformes termotolerantes, destacando  $<1.8$  NMP/100mL para Jjaquejihuata y 2 NMP/100mL para Estadio de Platería. Estos últimos valores son directamente comparables al 2 NMP/100mL en la última vivienda de Camacani, enfatizando que la calidad del agua en las piletas sin tratamiento constante es un punto crítico de riesgo.

En conclusión, la persistente detección de coliformes termotolerantes en todos los puntos de muestreo del sistema de Camacani, y especialmente el incumplimiento flagrante del LMP de 0 NMP/100mL, confirman que el agua es no apta para el consumo humano directo desde el punto de vista microbiológico. Esta situación, que es más grave por la presencia de un indicador de contaminación fecal directa, representa un riesgo sanitario inaceptable y urgente para la salud de la población, exponiéndola a enfermedades de origen hídrico. Los resultados contrastantes de fuentes naturalmente protegidas y el éxito de la cloración en la reducción de contaminantes en otros estudios de la región como el de Aguirre & Huaman (2020), incluso si no alcanzaron el 0 total, resaltan la imperativa necesidad de implementar de inmediato medidas correctivas. Esto incluye no solo la desinfección eficaz y constante del agua en la red, sino también la protección integral de la fuente y de toda la infraestructura de distribución para garantizar la seguridad y potabilidad del agua en el centro poblado Camacani.

#### **4.3. DETERMINACIÓN DE CUMPLIMIENTO DEL D.S. N° 031-2010-SA E IDENTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CONTROL OBLIGATORIOS (PCO).**

Esta sección se enfoca en la determinación de la calidad del agua de Camacani, comparando los resultados de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Se identifican los Parámetros de Control Obligatorio (PCO) y se determinará su cumplimiento con la normativa, culminando en la valoración final sobre la

potabilidad del agua para consumo humano bajo las condiciones actuales del sistema de abastecimiento.

#### 4.3.1. PARA LOS PARÁMETROS FÍSICOS:

**Tabla 09:** Evalúa la calidad de los parámetros físicos del agua en los puntos de muestreo del sistema de abastecimiento de Camacani, comparando sus valores con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del D.S. N° 031-2010-SA, y mostrando su cumplimiento con la normativa.

PARÁMETRO	UNIDAD	PCO	PM	PM	PM3	PM	LMP	VALORACIÓ
			1	2		4		N
<b>Temperatura</b>	°C	NO	14.0	14.0	14.0	14.0	-	-
<b>Turbiedad</b>	UNT	SI	0.8	0.5	0.6	0.7	5	<b>CUMPLE</b>
<b>Conductividad</b>	µmho/cm	NO	100	90	110	100	1 500	<b>CUMPLE</b>
<b>Color</b>	UPC	SI	3	2	3	4	15	<b>CUMPLE</b>
<b>Sólidos</b>	g/l	NO	0.05	0.04	0.06	0.05	1000	<b>CUMPLE</b>
<b>totales</b>								
<b>disueltos</b>								

La Tabla 09 presenta la evaluación de la calidad de los parámetros físicos del agua en los cuatro puntos de muestreo (PM1, PM2, PM3 y PM4) del sistema de abastecimiento en el centro poblado de Camacani. Los resultados obtenidos son comparados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA del Ministerio de Salud del Perú, y la columna 'Valoración' indica si cada parámetro cumple o no con la normativa.

A continuación, se detalla la interpretación por cada parámetro:

- **Temperatura:** Los valores de temperatura registrados en todos los puntos de muestreo (14.00 °C) son uniformes. Si bien el D.S. N° 031-2010-SA no establece un

LMP específico para la temperatura, estos valores son típicos para aguas subterráneas y no representan un riesgo directo para la salud. La temperatura es un parámetro indicativo que influye en la solubilidad de gases y el crecimiento microbiano, pero por sí sola no determina la potabilidad. En este caso, se considera que los valores de temperatura son adecuados para el consumo humano.

- **Turbiedad:** Los niveles de turbiedad en todos los puntos de muestreo (PM1: 0.8 UNT, PM2: 0.5 UNT, PM3: 0.6 UNT, PM4: 0.7 UNT) son significativamente bajos y se encuentran muy por debajo del LMP de 5 UNT establecido por la normativa nacional. Una baja turbiedad es crucial para la eficacia de la desinfección y es un indicador positivo de la claridad del agua. La valoración de "**CUMPLE**" para este parámetro de control obligatorio (**PCO**) que en todos los puntos es favorable.
- **Conductividad:** Los valores de conductividad registrados (PM1: 100  $\mu\text{mho/cm}$ , PM2: 90  $\mu\text{mho/cm}$ , PM3: 110  $\mu\text{mho/cm}$ , PM4: 100  $\mu\text{mho/cm}$ ) son considerablemente menores que el LMP de 1 500  $\mu\text{mho/cm}$  (equivalente a 1.5 mS/cm). La conductividad es un indicador de la concentración total de sales disueltas en el agua. Valores bajos como los observados sugieren una baja salinidad y ausencia de contaminación por sustancias iónicas, lo que es un aspecto positivo para la calidad del agua. Este parámetro también "**CUMPLE**" en todos los puntos.
- **Color:** El color del agua en todos los puntos de muestreo (PM1: 3 UPC, PM2: 2 UPC, PM3: 3 UPC, PM4: 4 UPC) se mantiene muy por debajo del LMP de 15 UPC. Un color bajo indica que el agua es visualmente clara y libre de impurezas orgánicas o inorgánicas que puedan teñirla, contribuyendo a su aceptabilidad por parte de los usuarios. Este parámetro de control obligatorio (**PCO**) también "**CUMPLE**" con la normativa.
- **Sólidos Totales Disueltos (STD):** Los resultados de sólidos totales disueltos (PM1: 0.05 g/l, PM2: 0.04 g/l, PM3: 0.06 g/l, PM4: 0.05 g/l) son muy inferiores al LMP de 1000 mg/L (o 1.0 g/l). Los STD son la cantidad de materiales orgánicos e inorgánicos disueltos en el agua. Valores bajos indican una pureza mineral y ausencia de

contaminación por un exceso de sales o materia disuelta, lo que es deseable para el consumo humano. Todos los puntos de muestreo **"CUMPLEN"** con el límite establecido.

En general, la evaluación de los parámetros físicos del agua del sistema de abastecimiento en el centro poblado de Camacani muestra que todos los puntos de muestreo cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Los valores de temperatura, turbiedad, conductividad, color y sólidos totales disueltos se encuentran dentro de los rangos aceptables o por debajo de los límites, indicando una buena calidad física del agua. Esto sugiere que, en cuanto a sus características físicas, está dentro de lo permitido para el consumo humano.

#### 4.3.2. PARA LOS PARÁMETROS QUÍMICOS:

**Tabla 10:** Evalúa la calidad de los parámetros químicos del agua en los puntos de muestreo del sistema de abastecimiento de Camacani, comparando sus valores con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del D.S. N° 031-2010-SA, y mostrando su cumplimiento con la normativa.

PARÁMETRO	UNIDAD	PCO	PM1	PM2	PM3	PM4	LMP	VALORACIÓN
<b>Cloro residual</b>	mg/L	SI	0.00	0.00	0.00	0.00	5	<b>NO CUMPLE</b>
<b>pH</b>	valor pH	SI	7.84	7.66	7.70	7.73	6,5 a 8.5	<b>CUMPLE</b>
<b>Cloruros</b>	mg/l	NO	17.02	19.85	8.51	14.18	250	<b>CUMPLE</b>
<b>Sulfatos</b>	mg/l	NO	8.0	4.0	8.0	12.0	250	<b>CUMPLE</b>
<b>Dureza total</b>	mg/l	NO	136.80	212.80	155.80	121.60	500	<b>CUMPLE</b>

<b>Nitratos</b>	mg/l	NO	0.05	0.04	0.05	0.06	50	<b>CUMPLE</b>
-----------------	------	----	------	------	------	------	----	---------------

La Tabla 10 presenta la evaluación de la calidad de los parámetros químicos del agua en los cuatro puntos de muestreo (PM1, PM2, PM3 y PM4) del sistema de abastecimiento en el centro poblado de Camacani. Los resultados obtenidos son comparados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA del Ministerio de Salud del Perú, y la columna 'Valoración' indica si cada parámetro cumple o no con la normativa.

A continuación, se detalla la interpretación por cada parámetro:

- Cloro residual:** Los valores de cloro residual en todos los puntos de muestreo son de 0.00 mg/L. La normativa nacional (D.S. N° 031-2010-SA) establece un rango de cloro residual libre de 0.5 a 1.0 mg/L en cualquier punto de la red de distribución para asegurar una desinfección efectiva y continua del agua. Dado que los valores registrados son cero, el cloro residual siendo un parámetro de control obligatorio (**PCO**), **“NO CUMPLE”** con lo establecido en la normativa. La ausencia de cloro residual es un hallazgo crítico, ya que indica una falta de desinfección en el punto de entrega, lo cual aumenta el riesgo de crecimiento de microorganismos patógenos en la red y compromete la seguridad sanitaria del agua.
- pH:** Los valores de pH registrados en los cuatro puntos de muestreo (PM1: 7.84, PM2: 7.66, PM3: 7.70, PM4: 7.73) se encuentran dentro del rango permisible de 6.5 a 8.5 establecido por el LMP. Un pH dentro de este rango es óptimo para el consumo humano, ya que no causa corrosión en las tuberías ni irritación, y es adecuado para la eficacia de los procesos de desinfección. La valoración de este parámetro de control obligatorio (**PCO**), **"CUMPLE"** con lo establecido en la normativa.
- Cloruros:** Las concentraciones de cloruros (PM1: 17.02 mg/L, PM2: 19.85 mg/L, PM3: 8.51 mg/L, PM4: 14.18 mg/L) son significativamente bajas y están muy por

debajo del LMP de 250 mg/L. Los cloruros son sales comunes en el agua y, en concentraciones elevadas, pueden indicar contaminación o afectar el sabor. Los valores observados son muy favorables y no representan ningún riesgo para la salud ni afectan las características organolépticas del agua. Este parámetro **"CUMPLE"** en todos los puntos.

- **Sulfatos:** Los niveles de sulfatos (PM1: 8.0 mg/L, PM2: 4.0 mg/L, PM3: 8.0 mg/L, PM4: 12.0 mg/L) también se encuentran muy por debajo del LMP de 250 mg/L. Concentraciones elevadas de sulfatos pueden tener efectos laxantes y un sabor amargo. Los valores registrados son muy bajos, lo que indica una buena calidad del agua en relación con este parámetro. La valoración de **"CUMPLE"** es adecuada.
- **Dureza total:** La dureza total del agua en los puntos de muestreo varía (PM1: 136.80 mg/L, PM2: 212.80 mg/L, PM3: 155.80 mg/L, PM4: 121.60 mg/L) pero todos los valores están muy por debajo del LMP de 500 mg/L. La dureza del agua se debe principalmente a la presencia de iones de calcio y magnesio. Aunque no es un parámetro de salud directo, una dureza excesiva puede causar incrustaciones en tuberías y afectar el sabor. Los valores observados indican que el agua es de dureza moderada a baja, lo cual es generalmente aceptable para el consumo y uso doméstico. Este parámetro **"CUMPLE"** en todos los puntos.
- **Nitratos:** Las concentraciones de nitratos (PM1: 0.05 mg/L, PM2: 0.04 mg/L, PM3: 0.05 mg/L, PM4: 0.06 mg/L) son extremadamente bajas, muy por debajo del LMP de 50 mg/L. Los nitratos en altas concentraciones pueden ser perjudiciales para la salud, especialmente en lactantes (metahemoglobinemia). Los valores tan bajos obtenidos son un indicador muy positivo de que el agua no presenta contaminación significativa por fuentes agrícolas o de desechos orgánicos. Este parámetro **"CUMPLE"** en todos los puntos.

En general, la evaluación de los parámetros químicos del agua en el centro poblado de Camacani muestra que la mayoría de los parámetros (pH, cloruros, sulfatos, dureza total y nitratos) cumplen con los Límites Máximos Permisibles establecidos en el Decreto

Supremo N° 031-2010-SA. Los valores para estos parámetros indican una buena calidad química en cuanto a la presencia de estas sustancias, con bajas concentraciones que no deberían ser perjudiciales ni afectar las características organolépticas del agua.

Sin embargo, el hallazgo más crítico es la ausencia total de cloro residual libre (0.00 mg/L) en todos los puntos de muestreo, lo que significa un INCUMPLIMIENTO con la normativa de desinfección. La D.S. N° 031-2010-SA exige un nivel mínimo de cloro residual para asegurar la potabilidad continua del agua en la red de distribución. Esta deficiencia es crucial y representa un riesgo sanitario significativo, ya que el agua podría estar expuesta a contaminación bacteriana a lo largo del sistema, comprometiendo su seguridad para el consumo humano.

#### 4.3.3. PARA LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS:

**Tabla 11:** Evalúa la calidad de los parámetros microbiológicos del agua en los puntos de muestreo del sistema de abastecimiento de Camacani, comparando sus valores con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del D.S. N° 031-2010-SA, y mostrando su cumplimiento con la normativa.

PARÁMETRO	UNIDAD	PCO	PM1	PM2	PM3	PM4	LMP	VALORACIÓN
<b>Coliformes</b>	NMP/10	SI	160	90	30	5	0	<b>NO CUMPLE</b>
<b>totales</b>	0ml							
<b>Coliformes</b>	NMP/10	SI	80	40	10	2	0	<b>NO CUMPLE</b>
<b>termotolerantes</b>	0ml							

La Tabla 11 presenta la evaluación de la calidad de los parámetros microbiológicos del agua en los cuatro puntos de muestreo (PM1, PM2, PM3 y PM4) del sistema de abastecimiento en el centro poblado de Camacani. Los resultados obtenidos son comparados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA del Ministerio de Salud del Perú, y la columna 'Valoración' indica si cada parámetro cumple o no con la normativa.

A continuación, se detalla la interpretación por cada parámetro:

- **Coliformes totales:** Los valores de Coliformes totales registrados en todos los puntos de muestreo son alarmantemente altos: PM1 (>160 NMP/100ml), PM2 (90 NMP/100ml), PM3 (30 NMP/100ml) y PM4 (5 NMP/100ml). El LMP para Coliformes totales en agua para consumo humano es de 0 NMP/100ml. Dado que en todos los puntos se detecta la presencia de Coliformes totales siendo este un parámetro de control obligatorio (**PCO**), **NO CUMPLE** con la normativa. La presencia de Coliformes totales, aunque no todos son patógenos, es un fuerte indicador de contaminación fecal o de que el sistema de agua no está adecuadamente protegido contra la entrada de microorganismos. La disminución progresiva de la concentración de coliformes totales desde PM1 hasta PM4 podría sugerir algún grado de remoción o dilución, pero el incumplimiento persistente hasta la última vivienda es crítico.
- **Coliformes termotolerantes:** Los resultados de Coliformes termotolerantes son igualmente preocupantes: PM1 (80 NMP/100ml), PM2 (40 NMP/100ml), PM3 (10 NMP/100ml) y PM4 (2 NMP/100ml). El LMP para Coliformes termotolerantes en agua para consumo humano es de 0 NMP/100ml. Al igual que los coliformes totales es un parámetro de control obligatorio (**PCO**), la presencia de cualquier número de coliformes termotolerantes (que son un subgrupo de coliformes que crecen a temperaturas más altas y están más directamente asociados con la contaminación fecal reciente) indica que el agua **NO CUMPLE** con los estándares de potabilidad en todos los puntos de muestreo. La detección de coliformes termotolerantes implica un riesgo directo de presencia de microorganismos patógenos de origen fecal, lo que representa una seria amenaza para la salud de los consumidores.

La evaluación de los parámetros microbiológicos del agua del sistema de abastecimiento en Camacani revela una situación crítica de incumplimiento con la normativa D.S. N° 031-2010-SA en todos los puntos de muestreo. La presencia de Coliformes totales y Coliformes termotolerantes en todos los puntos analizados (PM1, PM2, PM3 y PM4),

supera el LMP de 0 NMP/100ml y lo que es más grave es que son parámetros de control obligatorio (PCO).

#### **4.4. PRUEBA DE HIPÓTESIS.**

En esta sección se presenta la validación de las hipótesis de investigación formuladas, a partir de los resultados obtenidos del monitoreo de la calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani.

##### **4.4.1. HIPÓTESIS FORMULADAS.**

Las hipótesis planteadas para la presente investigación son las siguientes:

- Hipótesis General (HG): No existe una buena calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani, distrito de Platería-2025.
- Hipótesis Específica 1 (HE1): Existe una alta concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua para consumo humano en Camacani, distrito de Platería-2025.
- Hipótesis Específica 2 (HE2): El agua para consumo humano en Camacani no cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del DS N° 031-2010-SA, considerando los Parámetros de Control Obligatorio (PCO) y otros relevantes para su calidad integral.

##### **4.4.2. METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

La validación de la Hipótesis Específica 2 (HE2), central para determinar la aptitud del agua para consumo humano, se realizó mediante la comparación directa y valoración de los resultados de laboratorio frente a los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, Norma de Calidad del Agua para Consumo Humano.

Para los **Parámetros de Control Obligatorio (PCO)**, se aplicó la siguiente lógica de validación:

- **Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes:** El D.S. N° 031-2010-SA establece un LMP de 0 NMP/100ml para estos parámetros. Por tanto, la detección de

cualquier concentración superior a cero NMP/100ml en los puntos de muestreo (PM1, PM2, PM3, PM4) constituye evidencia directa e irrefutable de incumplimiento.

- **Cloro Residual Libre:** El D.S. N° 031-2010-SA establece un LMP de 0.5 mg/L como mínimo para este PCO en la red de distribución. La ausencia total de cloro residual (0.00 mg/L) observada consistentemente en todos los puntos de muestreo representa una evidencia directa de incumplimiento con el rango normativo (0.5 - 1.0 mg/L).

Para los **demás parámetros fisicoquímicos**, la validación se efectuó cotejando sus valores individuales con sus respectivos LMP, determinando por comparación si se encuentran dentro de los rangos permitidos.

#### 4.4.3. RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS

Los resultados clave para la validación de la Hipótesis Específica 2 (HE2) son los siguientes:

- **Incumplimiento microbiológico:** Se detectaron Coliformes Totales (5 a 160 NMP/100ml) y Coliformes Termotolerantes (2 a 80 NMP/100ml) en todos los puntos de muestreo. Esta presencia, siendo el LMP 0 NMP/100ml, indica un incumplimiento categórico de la norma.
- **Ausencia de Cloro Residual Libre:** Los análisis revelaron 0.00 mg/L de Cloro Residual Libre en la totalidad de los puntos muestreados. Este valor está por debajo de 0.5 mg/L, evidenciando un incumplimiento normativo en la desinfección del agua.
- **Cumplimiento de otros parámetros fisicoquímicos:** La mayoría de los demás parámetros físicos (Temperatura, Turbiedad, Conductividad, Color, Sólidos Totales Disueltos) y químicos (pH, Cloruros, Sulfatos, Dureza Total y Nitratos) se encontraron dentro de los LMP establecidos por la normativa vigente, no presentando incumplimientos críticos.

#### 4.4.4. DECISIÓN DE HIPÓTESIS

Basado en la evidencia empírica directa y la comparación con los límites normativos, se procede a la decisión de las hipótesis:

- Para la Hipótesis Específica 2 (HE2): Se acepta la hipótesis de que el agua para consumo humano en Camacani no cumple con los Límites Máximos Permisibles (LMP) del DS N° 031-2010-SA, particularmente en lo que respecta a los Parámetros de Control Obligatorio (PCO).
- Para la Hipótesis General (HG): Como consecuencia directa del incumplimiento de los PCO y la presencia de contaminación microbiológica, se acepta la hipótesis de que no existe una buena calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani.

**Consideración Metodológica:** Es importante señalar que la naturaleza de los Parámetros de Control Obligatorio (PCO), cuyo LMP es un valor absoluto (0 NMP/100ml para coliformes) o un rango con un mínimo exigido (0.5 mg/L para cloro residual libre), hace que la detección de un valor fuera de este límite constituya una evidencia concluyente de incumplimiento. En este contexto, la observación directa y la comparación rigurosa de los resultados de laboratorio con la normativa vigente actúan como la principal y más relevante validación de la hipótesis, sin la necesidad de aplicar pruebas estadísticas inferenciales que suelen ser más pertinentes para comparar medias poblacionales o determinar la significancia de diferencias en muestras con un mayor número de repeticiones. La evidencia empírica obtenida en este estudio es categórica para validar las hipótesis planteadas sobre la calidad del agua.

## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** En respuesta al Objetivo Específico 1, la determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani reveló lo siguiente: Los parámetros fisicoquímicos como temperatura (14 °C), turbiedad (0,65 UNT), conductividad (100  $\mu\text{mho/cm}$ ), color (3 UPC), sólidos totales disueltos (0,05 g/l), pH (7,73), cloruros (14,89 mg/l), sulfatos (8 mg/l), dureza total (156,75 mg/l) y nitratos (0,05 mg/l) mostraron valores consistentes con la composición natural de fuentes hídricas sin alteraciones significativas. No obstante, se constató la ausencia total de Cloro Residual Libre (0.00 mg/L) en todos los puntos de la red de distribución. En cuanto a los parámetros microbiológicos, se verificó la presencia generalizada de Coliformes Totales (160 NMP/100ml en PM1, disminuyendo a 5 NMP/100ml en PM4) y Coliformes Termotolerantes (80 NMP/100ml en PM1, disminuyendo a 2 NMP/100ml en PM4) en todos los puntos de muestreo.

**SEGUNDA:** En respuesta al Objetivo Específico 2, la evaluación del cumplimiento de la calidad del agua con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos por el DS N°031-2010-SA concluye que: Si bien los parámetros fisicoquímicos propios del agua (temperatura, turbiedad, conductividad, color, sólidos totales disueltos, pH, cloruros, sulfatos, dureza total y nitratos) cumplen con los LMP, la ausencia total de Cloro Residual Libre (0.00 mg/L), clasificado como Parámetro de Control Obligatorio (PCO), en todos los puntos de muestreo, constituye un incumplimiento crítico al no alcanzar el rango exigido de 0.5 a 1.0 mg/L para una desinfección efectiva. Adicionalmente, la persistente presencia de Coliformes Totales y Coliformes Termotolerantes (ambos PCOs), con

valores superiores a 0 NMP/100ml en todos los puntos de muestreo, representa un incumplimiento inaceptable de la normativa nacional vigente.

**TERCERA:** Abordando el Objetivo General, la calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani no es apta bajo las condiciones actuales. A pesar de que los parámetros fisicoquímicos cumplen con los LMP, la combinación crítica de la ausencia de cloro residual libre (un PCO esencial para la desinfección) y la persistente presencia de Coliformes Totales y Termotolerantes (PCOs indicadores directos de contaminación microbiana) en todos los puntos de la red de distribución, establece un grave y directo riesgo sanitario para la población. Este incumplimiento de los parámetros de control obligatorio con los LMP del D.S. N° 031-2010-SA determina que el agua suministrada compromete la salud pública, exponiendo a potenciales enfermedades de origen hídrico.

## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Dada la ausencia total de Cloro Residual Libre y la contaminación microbiológica persistente, que constituyen un incumplimiento crítico de los Parámetros de Control Obligatorio (PCO), se recomienda a la Municipalidad Distrital de Platería, a través de su Área Técnica Municipal (ATM), y en coordinación con la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) Camacani, priorizar la implementación inmediata y continua de un proceso de desinfección eficaz. Es imperativo garantizar que el Cloro Residual Libre en toda la red de distribución se mantenga permanentemente dentro del rango de 0.5 a 1.0 mg/L, según el D.S. N° 031-2010-SA. Complementariamente, la Autoridad de Salud debe establecer un programa riguroso de vigilancia sanitaria y monitoreo frecuente de este PCO, junto con los indicadores microbiológicos (Coliformes Totales y Termotolerantes), en todos los puntos de la red. Este esfuerzo coordinado es indispensable para salvaguardar la salud de los consumidores.

**SEGUNDA:** Considerando la detección de contaminación microbiológica generalizada y la antigüedad del sistema de abastecimiento de agua, se recomienda a la DIRESA, la Municipalidad Distrital de Platería y a la JASS Camacani realizar una exhaustiva evaluación técnica de toda la infraestructura, incluyendo la captación, el reservorio y, crucialmente, la red de distribución. El objetivo es identificar y corregir puntos de deterioro, fugas o conexiones clandestinas que son probables vías de contaminación. Posteriormente, se debe elaborar y gestionar un plan de rehabilitación o renovación gradual de la infraestructura más crítica, buscando activamente el apoyo y financiamiento de entidades competentes para su pronta ejecución.

**TERCERA:** Para fortalecer la gestión y sostenibilidad de la calidad del agua ante los problemas identificados, se recomienda a la Dirección Regional de Salud de Puno (DIRESA), en conjunto con la Municipalidad Distrital de Platería, Desarrollar e implementar programas de capacitación técnica continuos para el personal del ATM y a los operadores de la JASS, enfocándose en la mejora de prácticas de cloración, mantenimiento preventivo de la red. El fortalecimiento de estas capacidades operativas es fundamental para asegurar el cumplimiento sostenido de la normativa y la protección sanitaria de la población a largo plazo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, M., & Huaman, J. (2020). *Mejoramiento de la calidad del agua, para lograr condiciones de salubridad mediante cloración por goteo: centro poblado Camjata, Puno 2020* [Tesis de grado, UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO].  
file:///C:/Users/ACER/Downloads/Aguirre\_HM-Huaman\_AJ-SD.pdf
- Álava, L. M., Marin, L. S., & Gallo, N. C. (2021). *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en la cuenca baja del río Lelía (Santo Domingo de los Tsáchilas – Ecuador)*. 7(6), 23.
- Alcca, B. (2022). *Calidad del agua para Consumo Humano de los manantiales Quipata-Totorpujo, Plaza , Estadio y Jjaquejihuata distrito de platería – puno—2022* [Tesis de grado, UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS].  
file:///C:/Users/ACER/Downloads/Basilio\_ALCCA\_CHAHUARES.pdf
- Amarilla, J. A., Manera, A. A., Meza, F. de J., Portillo, L. C., Quiñonez, R. M. del C., & Silva, C. C. (2018). *Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua de consumo en la zona aledaña al cementerio de Minga Guazú, Paraguay, 2018*. 10.
- Barrionuevo, L. (2024, diciembre 10). Entendiendo las ppm de TDS. *PURA*.  
<https://sompura.mx/entendiendo-las-ppm-de-tds/>
- Bolaños, J. D., Cordero, G., Segura, G., Cordero, G., & Segura, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología en Marcha*, 30(4), 15-27.  
<https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Boussaha, A., Bezzalla, A., Zebza, R., Houhamdi, M., & HChenchouni, H. (2024). *Seguimiento y evaluación de la variabilidad espacial y estacional de la calidad del agua en el Lago de los Pájaros (Argelia) mediante parámetros fisicoquímicos e indicadores de calidad bacteriana*. 22.  
<https://doi.org/10.1016/j.enmm.2024.100955>
- Capote, T., Matute, S., & Rojas, J. (2015). *Determinación de la dureza total en agua con*

- EDTA empleando una solución amortiguadora inodora de borato. 46.  
<https://ve.scielo.org/pdf/inhrr/v46n1-2/art03.pdf>
- Ccora, B. (2022). *Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la localidad de Acobamba*. [Universidad Nacional de Huancavelica].  
<http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/4728>
- Chakravarty, T., & Gupta, S. (2024). *Insectos acuáticos como indicadores de la calidad del agua: Distribución estacional y perspectivas de biomonitoreo de un río montañoso en la región del Himalaya oriental, India*. 2, 25.
- Coela, F. J. (2022). *Evaluación de la calidad del agua en la zona de confluencia de los ríos Torococha y Coata Caracoto-San Román—Puno* [Universidad Nacional del Altiplano]. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18608>
- Cremona, M. V., & Enriquez, A. S. (2020). *Algunas propiedades del suelo que condicionan su comportamiento: El pH y la conductividad eléctrica*.  
[https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/209253/CONICET\\_Digital\\_Nro.098b0587-3a5b-412f-a386-de286bd8fde0\\_L.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/209253/CONICET_Digital_Nro.098b0587-3a5b-412f-a386-de286bd8fde0_L.pdf?sequence=5&isAllowed=y)
- Crespo, M., Fernández, M., & Pérez, L. A. (2022). *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano según ICA de Montoya en el poblado de Yamanigüey*. 38(2), 20.
- Dou, J., Xia, R., Zhang, K., & Chen, Y. (2024). *La fragmentación del paisaje de las tierras urbanizadas impacta significativamente la calidad del agua en la cuenca del río Amarillo*. 371, 15.
- Ferro, P., Morales, E., Ticona, E., & Oblitas, A. (2024). *Calidad del agua y resistencia antimicrobiana fenotípica en aislados de E. coli de agua de consumo humano en Bagua, bajo el enfoque Una Salud*. 15(1).  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e23961>
- Figueroa, Y. N. (2024). *Calidad del agua de manantiales en la urbanización Villa Santa Rosa de la ciudad de Puno—2024* [Tesis de pregrado, Universidad Privada San Carlos].  
[file:///C:/Users/ACER/Downloads/Yhoel\\_Nicolas\\_FIGUEROA\\_CHOQUE%20TESI](file:///C:/Users/ACER/Downloads/Yhoel_Nicolas_FIGUEROA_CHOQUE%20TESI)

S%20(2).pdf

- García, M. E., & Prokopiuk, W. V. (2017). *Estudio y determinación física, química y bacteriológica del agua del río Momón—Punchana* [Tesis de grado, Universidad Nacional De La Amazonía Peruana]. <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/4858>
- Ghosh, D., Chaudhary, S., Sarkar, S., & Singh, P. (2024). *Contaminación del agua en zonas rurales: Fuentes primarias, problemas de salud asociados y soluciones*. 13.
- Goni, M. A., Khan, A. S., Hosen, L., & Rahman, M. (2024). *Evaluación de la distribución de metales pesados y la contaminación ecológica en cuerpos de agua y sedimentos en zonas rurales de Bangladesh*. 21, 15.
- Guevara, E. R., & Cerna, A. F. (2024). *Eficiencia del sistema de tratamiento en la calidad de agua para consumo humano en Puerto Pizana, San Martín, Perú*. 14(18), 15.
- Hujun, R., Min, Z., Xibin, L., & Hao, W. (2024). *Gestión de la contaminación ácida de las aguas mineras en regiones kársticas basada en estructuras hidrogeológicas*. 24. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.103399>
- Machaca, T. (2024). *Análisis de la calidad de agua potable en el sector de Patallani, distrito de paucarcolla—Puno 2024* [Tesis de pregrado, UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS]. [file:///C:/Users/ACER/Downloads/Thalia\\_MACHACA\\_CONDORI%20TESIS%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/ACER/Downloads/Thalia_MACHACA_CONDORI%20TESIS%20(3).pdf)
- Mamani, F. J. (2024). *Calidad del agua potable y nivel de satisfacción de los usuarios del barrio Los Olivos del distrito de llave, 2024* [Universidad Privada San Carlos]. <https://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/841>
- Mamani, R. K. (2024). *Calidad de agua en Pozos Artesianos para el Consumo Humano en el distrito de Platería, parcialidad Lequene—Puno 2024* [Tesis de grado, UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS]. [https://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/1146/Ruth\\_Karina\\_MAMANI\\_QUISPE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upsc.edu.pe/bitstream/handle/UPSC/1146/Ruth_Karina_MAMANI_QUISPE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Ministerio de Salud. (2010). *Decreto Supremo N.° 031-2010-SA: Reglamento de la calidad del agua para consumo humano* (Diario Oficial El Peruano) [Decreto Supremo]. Ministerio de Salud.  
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/273650/reglamento-de-la-calidad-del-agua-para-consumo-humano.pdf?v=1561937448>
- Navarro, M. Á., Ramírez, M. Á., Villalba, D., Barbosa, M. A., & Saavedra, L. I. (2024). *Evaluación de la calidad del agua envasada para consumo humano en la ciudad de Villavicencio (Colombia)*. 27(1), 8.
- Ñahui, D. F. (2023). *Análisis de la calidad de agua para el consumo humano de los centros poblados del distrito de Yauli, Huancavelica—2023* [Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13303>
- OMS. (2017). *Guidelines for drinking-water quality: Fourth edition incorporating first addendum* (4th ed., 1st add). World Health Organization.  
<https://iris.who.int/handle/10665/254637>
- OMS (Ed.). (2022). *Guidelines for drinking-water quality* (Fourth edition incorporating the first and second addenda). World Health Organization.  
<https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/352532/9789240045064-eng.pdf?sequence=1>
- ONU. (2024). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2024: Agua para la prosperidad y la paz; resumen ejecutivo* (Resumen Ejecutivo SC-2024/WS/1). UNESCO.  
[https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388950\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388950_spa)
- Osorio, A. F., & Martínez, M. E. (2018). Validación de un método para el análisis de color real en agua. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 7(1), 143-155.  
<https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v7n1.68086>
- Peng, J. W., Mingjun, Y. S., & GaHuang, G. (2024). *El aumento de la actividad humana desplaza la escala espacial clave de los patrones del paisaje sobre la calidad del agua desde las subcuencas a las zonas ribereñas*. 97, 15.

- Pérez, L. R. (2024). *Red de distribución de agua para consumo humano*. 9.
- Pérez, R. E., & Ramos, G. (2018). *Dosis de cloro y cloro residual libre en el sistema de agua potable del sector de Puyhúan Grande del distrito y provincia de Huancavelica – 2018* [Tesis de pregrado, UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA].  
<https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/28af9941-28f6-4228-acf1-a03e78914d72/content>
- Quille, Y. E. (2022). *Evaluación de la calidad de aguas subterráneas para su potabilización unifamiliar en zonas de expansión noroeste de la ciudad de Juliaca* [Universidad Nacional del Altiplano].  
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18902>
- Quispe, D. A. (2024). *Evaluación de la calidad de agua subterránea para consumo humano en la comunidad Carata, distrito de Coata* [Universidad Nacional del Altiplano]. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/21845>
- Seben, D., Toebe, M., FeVolpato, F., & RenZanella, R. (2023). *Variables de calidad del agua y contaminantes ambientales emergentes en agua para consumo humano en Rio Grande do Sul, Brasil*. 5, 19.
- Sima, M., & Castro, L. (2024). *Calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Nina Rumi, San Juan Bautista, Loreto, 2024* [Universidad Nacional de la Amazonia Peruana].  
<https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/10988>
- Suárez, Z. L., & Vargas, A. M. (2023). *Evaluación de la calidad y gestión del agua para consumo en la zona urbana de San Marcos, Áncash* [Universidad San Ignacio de Loyola].  
<https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/63bc562c-da37-4ecc-8a87-c17cb078164e>
- Torres, J. C. (2020). *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Pomalca, distrito de Soritor—Moyobamba* [Universidad

Nacional de San Martín]. <http://hdl.handle.net/11458/3941>

Turpo, J. A. (2017). *Evaluación de parámetros Físico-químicos y Microbiológicos del agua potable de la planta de tratamiento Aziruni, Puno 2017* [Tesis de grado, UNIVERSIDAD PRIVADA SAN CARLOS].

[file:///C:/Users/ACER/Downloads/Jimmy\\_Antony\\_TURPO\\_CONDORI.pdf](file:///C:/Users/ACER/Downloads/Jimmy_Antony_TURPO_CONDORI.pdf)

Vasquez, J. carlos. (2024). *Percepción y calidad del agua para consumo humano en función a indicadores bacteriológicos de las fuentes de abastecimiento en la comunidad de Olmos, distrito Lajas, 2023*. [Universidad Nacional Autónoma de Chota].

<https://repositorio.unach.edu.pe/items/a3bd185a-ac21-4f6a-ae1f-9d08d7754715>

Vizcaíno, P. I., Cedeño, R. J., & Maldonado, I. A. (2023). *Metodología de la investigación científica: Guía práctica*. 7(4), 15.

Yang, W., Schmidt, C., Wu, S., & Wang, Z. (2025). *Contaminación antropogénica del agua exacerbada por el cambio climático y la urbanización*. 280, 15.

## ANEXOS

### Anexo 01: Matriz de consistencia.

CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO EN EL CENTRO POBLADO DE CAMACANI, DISTRITO DE PLATERÍA - 2025					
TÍTULO:					
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿Cuál será la calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani, distrito de Platería - 2025?	Evaluar la calidad de agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani, distrito de Platería - 2025.	No existe una buena calidad del agua para consumo humano en el centro poblado de Camacani, distrito de Platería-2025.	Parámetros: físicos, químicos, microbiológicos.	Físicos Temperatura, Turbiedad, Conductividad, Color, Sólidos totales disueltos.	Tipo: descriptivo. Enfoque: cuantitativo. Diseño: No experimental
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variables		Diseño estadístico: Análisis descriptivo - comparativo. Instrumentos: - DS N°031-2010-SA. -Análisis laboratorio. -RD-160-2015-DIG ESA.
¿Cuál será la concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua para consumo humano en Camacani, distrito de Platería - 2025?	Determinar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua para consumo humano en Camacani, distrito de Platería - 2025.	Existe una alta concentración de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de agua para consumo humano en Camacani, distrito de Platería-2025.	VI: Concentración de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. VD: Calidad del agua para consumo.	Químicos Cloro residual, pH, Cloruros, Sulfatos, Dureza total, Nitratos. Microbiológicos Coliformes totales, Coliformes termotolerantes.	
¿El agua para consumo humano en Camacani cumple con los (LMP) del DS N° 031-2010-SA, considerando los (PCO) y otros relevantes para su calidad integral?	Evaluar el cumplimiento de los (LMP) del DS N° 031-2010-SA, considerando los (PCO) y otros relevantes para su calidad integral.	El agua para consumo humano en Camacani no cumple con los (LMP) del DS N° 031-2010-SA, considerando los Parámetros de Control Obligatorio (PCO) y otros relevantes para su calidad integral.			

Anexo 02: Reglamento de la calidad de agua para consumo humano D.S.  
N°031-2010-SA.

MINISTERIO DE SALUD No. 031-2010-SA

REPUBLICA DEL PERU



*Decreto Supremo*

*Lima, ..... de..... del.....*

**APRUEBAN REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

**EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA**

**CONSIDERANDO:**

Que, el numeral 22 del artículo 2° concordante con el artículo 7° de la Constitución Política del Perú, 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 el deber de contribuir a su promoción y defensa;



Que, el artículo 107° de la Ley N° 26842, Ley General de Salud, establece que el abastecimiento del agua para consumo humano queda sujeto a las disposiciones que dicte la Autoridad de Salud competente, la que vigilará su cumplimiento;

Que, la Décima Primera Disposición Complementaria, Transitoria y Final de la Ley N° 26338, Ley General de Servicios de Saneamiento, dispone que el Ministerio de Salud, continuará teniendo competencia en los aspectos de saneamiento ambiental, debiendo formular las políticas y dictar las normas de calidad sanitaria del agua y de protección del ambiente;

Que, mediante Resolución Suprema del 17 de diciembre de 1946, se aprobó el "Reglamento de los requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables", el cual se encuentra desactualizado y obsoleto en el contexto actual;

Que, resulta necesario establecer un nuevo marco normativo para la gestión de la calidad del agua para consumo humano, sustentado en un enfoque de análisis de riesgo, que proporcione a la Autoridad de Salud instrumentos de gestión modernos y eficaces para conducir la política y la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano;

Nivera A.


**Ministerio de Salud**

**REGLAMENTO DE LA CALIDAD  
DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO**

**Dirección General de Salud Ambiental  
DIGESA**



**2010**

**ANEXO I**  
**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, copepodos, rotíferos, nemátodos en todos sus estados 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



**ANEXO II**  
**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE**  
**CALIDAD ORGANOLEPTICA**

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	1500
7. Sólidos totales disueltos	mg/L	1000
8. Cloruros	mg Cl <sup>-</sup> L <sup>-1</sup>	250
9. Sulfatos	mg SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> L <sup>-1</sup>	250
10. Dureza total	mg CaCO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	500
11. Amoníaco	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 III


LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE  
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS

Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Amonio	mg So L <sup>-1</sup>	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L <sup>-1</sup>	0,010
3. Bario	mg Ba L <sup>-1</sup>	0,700
4. Boro	mg B L <sup>-1</sup>	1,500
5. Cadmio	mg Cd L <sup>-1</sup>	0,003
6. Cianuro	mg CN L <sup>-1</sup>	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L <sup>-1</sup>	5
8. Cromo	mg L <sup>-1</sup>	0,7
9. Clorato	mg L <sup>-1</sup>	0,7
10. Cromo total	mg Cr L <sup>-1</sup>	0,050
11. Flúor	mg F L <sup>-1</sup>	1,000
12. Mercurio	mg Hg L <sup>-1</sup>	0,001
13. Níquel	mg Ni L <sup>-1</sup>	0,020
14. Nitratos	mg NO <sub>3</sub> L <sup>-1</sup>	50,00
15. Nitrógeno	mg NO <sub>2</sub> L <sup>-1</sup>	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L <sup>-1</sup>	0,010
17. Selenio	mg Se L <sup>-1</sup>	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L <sup>-1</sup>	0,07
19. Uranio	mg U L <sup>-1</sup>	0,015
Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mg L <sup>-1</sup>	0,01
3. Aceites y grasas	mg L <sup>-1</sup>	0,5
4. Alacloro	mg L <sup>-1</sup>	0,020
5. Aldicarb	mg L <sup>-1</sup>	0,010
6. Aldrin y dieldrin	mg L <sup>-1</sup>	0,00003
7. Benceno	mg L <sup>-1</sup>	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mg L <sup>-1</sup>	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mg L <sup>-1</sup>	0,001
10. Endrin	mg L <sup>-1</sup>	0,0005
11. Gamma HCH (lindano)	mg L <sup>-1</sup>	0,002
12. Hexaclorobenceno	mg L <sup>-1</sup>	0,001
13. Heptacloro y heptaclorocépóxido	mg L <sup>-1</sup>	0,00003
14. Metoxicloro	mg L <sup>-1</sup>	0,020
15. Pentaclorofenol	mg L <sup>-1</sup>	0,009
16. 2,4-D	mg L <sup>-1</sup>	0,030
17. Acetamida	mg L <sup>-1</sup>	0,0005
18. Epidothidrina	mg L <sup>-1</sup>	0,0004
19. Cloruro de vinilo	mg L <sup>-1</sup>	0,0003
20. Benzopireno	mg L <sup>-1</sup>	0,0007
21. 1,2-dicloroetano	mg L <sup>-1</sup>	0,03
22. Tetracloroetano	mg L <sup>-1</sup>	0,04



**Anexo 03:** Protocolo de procedimientos para la toma de muestras, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de agua para consumo humano RD-160-2015-DIGESA.

**MINISTERIO DE SALUD** No. 160-2015/DIGESA/SA



REPUBLICA DEL PERU

## Resolución Directoral

*Lima, 24 de Setiembre de 2015.*

Visto, el Expediente n.º 39212-2015-DI, y los informes números 2163-2015/DSB/DIGESA, y 2608-2015/DSB/DIGESA, de la Dirección de Saneamiento Básico e Informe n.º 00310-2015/ELV/DG/DIGESA, de la Dirección General de Salud Ambiental;







**CONSIDERANDO:**


Que, mediante informes números 2163-2015/DSB/DIGESA y 2608-2015/DSB/DIGESA, la Dirección de Saneamiento Básico ha informado que resulta necesario contar con disposiciones de carácter general, que permitan a las personas del sector salud la toma, preservación, conservación, transporte, almacenamiento y recepción de muestras de agua de consumo humano procedente del sistema de abastecimiento de las zonas urbanas y/o rurales, en el marco del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, aprobado por Decreto Supremo n.º 031-2010-SA; en efecto, se asegurará la representatividad e invariabilidad de las muestras;

Que, al respecto, el artículo 9 del Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano, aprobado por Decreto Supremo n.º 031-2010-SA, establece que la Autoridad de Salud del nivel nacional para la gestión de la calidad del agua para consumo humano, es el Ministerio de Salud, y la ejerce a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA); en tanto, que la autoridad a nivel regional son las Direcciones Regionales de Salud (DIRESA) o Gerencias Regionales de Salud (GRS) o la que haga sus veces en el ámbito regional, y las Direcciones de Salud (DISA) en el caso de Lima, según corresponda;

Que, asimismo, el numeral 4 del artículo 9 del citado Reglamento de la Calidad de Agua para Consumo Humano, señala como función de la Dirección General de Salud Ambiental elaborar guías y protocolos para el monitoreo y análisis de parámetros físicos, químicos, microbiológicos y parasitológicos del agua para consumo humano;


Que, en ese sentido, la Dirección de Saneamiento Básico de la Dirección General de Salud Ambiental elaboró y propuso la aprobación del documento técnico "Protocolo de


  
E. GIL  
  
M. SANDESA  
  
E. LOPEZ  
  
P. NAVARRO  
  
E. QUICHIZ  
  
MENDOZA





PERÚ Ministerio de Salud


# PROTOCOLO DE PROCEDIMIENTOS PARA LA TOMA DE MUESTRAS, PRESERVACIÓN, CONSERVACIÓN, TRANSPORTE ALMACENAMIENTO Y RECEPCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO

  
E. NIETO

  
E. GIL


  
S. YANG

  
F. DURCHÓ

  
R. RETUERTO

MINISTERIO DE SALUD  
www.minsa.gob.pe

Calle Las Arroyitas N° 350  
URB. San Eugenio, Lince - Lima 24, Perú  
Central Telefónica (011) 431-4420



**PERÚ** Ministerio de Salud


INSTITUTO NACIONAL DE PROMOCIÓN Y DEFENSA DE LA SALUD

consumidor, con la finalidad de proteger la salud de los consumidores en cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles del Reglamento de la calidad de agua para consumo humano.


## 6.2. CONSIDERACIONES

### 6.2.1. PREPARACIÓN DE MATERIALES Y EQUIPOS PARA MUESTREO


Se debe verificar antes de realizar la toma de muestra que se cuenta con todo lo necesario para efectuar dicha labor.



E. ATEY




E. GIL



S. TANG



C. QUIROZ



P. RETUERTO

- a) Materiales
  - Tablero
  - Fichas de campo
  - Libreta de campo
  - Etiqueta para la identificación de frascos
  - Papel secante (tissue)
  - Plumón indeleble
  - Frasco de vidrio borosilicato de 500 mL autoclavado en el Laboratorio (\*)
  - Frasco de vidrio de 1L (\*)
  - Frascos de plástico de boca ancha, con cierre hermético de primer uso de 500 mL, 1 L (\*)
  - Envases para muestras hidrobiológicas transparentes o blancos de 4L y 20L (que permitan observar la correcta tonalidad del preservante) (\*)
  - Guantes descartables
  - Reactivos para preservar muestras
  - Gotero
  - Agua destilada
  - Bolsas de poliburbujas u otro material para evitar roturas de los frascos
  - Cordón de nylon
  - Caja térmica
  - Ice pack
  
- (\*) Las características de los frascos de muestras están especificadas en el Estado de requisitos para la recepción de muestras publicado en la página web de la Oficina Ejecutiva de Incentivos ([www.oceia.gob.pe](http://www.oceia.gob.pe))
  
- b) Equipos
  - Cámara fotográfica
  - GPS
  - Medidor Multiparamétrica
  - Comparador de Cloro
  - Turbidímetro
  
- Verificar la operatividad y calibración de los equipos portátiles (GPS, Multiparamétrico, Turbidímetro) antes del inicio del trabajo de campo, de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante.
  
- c) Indumentaria de Protección
  - Zapatos de seguridad
  - Gorra con el logotipo de la institución.


www.oceia.gob.pe

www.minsa.gob.pe

Calle Las Américas N° 350

Lima, San Eugenio, Lima - Lima 14, Perú

011 476 0000 ext. 4331 - 4332



PERÚ

Ministerio  
de Salud

INSTITUTO NACIONAL DE  
HIGIENE Y EPIDEMIOLOGÍA

- Chaleco con el logotipo de la institución.
- Pantalón
- Impermeable
- Casaca con el logotipo de la institución

**6.2.1.1. Consideraciones Generales**

- Preparar los frascos a utilizar en el muestreo, de acuerdo con la lista de parámetros a evaluar.
- El frasco para muestras microbiológicas debe ser estéril de vidrio neutro no tóxico, con tapa protectora con cierre hermético, de 500mL de capacidad que será proporcionado por el laboratorio de control ambiental.
- Los frascos para muestras microbiológicas no deben ser abiertos hasta el momento del muestreo y no serán enjuagados, debe destaparse al menor tiempo posible, evitando el ingreso de sustancias extrañas que puedan alterar los resultados.
- El análisis físico químico, microbiológico, parasitológicos e hidrobiológicos, carecen de valor si las muestras analizadas no han sido recolectadas, preservadas, conservadas, transportadas, almacenadas e identificadas debidamente.

**6.2.2. PROCEDIMIENTO DEL MUESTREO**

El Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Decreto Supremo n.º 031-2010-SA, del Ministerio de Salud, define los lineamientos a partir de los cuales la Autoridad Sanitaria, determina la ubicación de los puntos de muestreo, toma de muestras y frecuencias, en el marco de la vigilancia de la calidad del agua para consumo humano.

**6.2.2.1. Ubicación de Puntos de Muestreo**

Se debe programar la ubicación y número de muestras a tomar, previo estudio de las facilidades de acceso y medio de transporte hasta el punto de muestreo.


La localización de los puntos de recolección de las muestras de agua, en el sistema de abastecimiento de agua para consumo humano, deberá ser determinada por la Autoridad Sanitaria, tomándose como base, los planos del sistema y teniendo en cuenta los siguientes criterios:

a) **Puntos fijos.** Se deben localizar los siguientes puntos fijos de muestreo:


- En la captación

El punto de muestreo debe localizarse obligatoriamente en el punto de captación de la fuente de abastecimiento de agua. Así mismo, si el sistema de abastecimiento de agua cuenta con dos o más fuentes de abastecimiento, el muestreo se hace por cada toma de captación o en su defecto cuando son muy numerosas en el buzón de reunión, sean estas del tipo superficial o subterráneo.


- A la salida del sistema de tratamiento de agua




E. NIETO




E. OIL



B. TANG



C. QUICHIZ



P. RETUERTO



PERÚ

Ministerio de Salud

Laboratorio de  
Microbiología

Para el caso de aguas superficiales (con excepción de las estructuras tipo barraje), remover todo tipo de malezas, residuos y/o deshechos de la rejilla, malla o canastilla salida.

- **Reservorios y Cisternas:**
  - Remueva todo tipo de residuos ubicados alrededor de la tapa con la ayuda de una escobilla.
  - Remueva la tapa cuidadosamente, teniendo la precaución de que no caiga al interior ningún tipo de residuo.
  
- **Grifos o caños**
  - Se elige un grifo que este conectado directamente con una cañería de distribución, es decir, que el ramal del grifo no este comunicado con tanques domiciliarios, filtros, ablandadores u otros artefactos similares. Tampoco conviene extraer muestras de grifos colocados en puntos muertos de la cañería.
  - Remueva cualquier dispositivo ajeno al grifo, como pedazos de manguera y otros objetos.
  - Verifique que no existan fugas a través de los sellos o empaquetaduras del caño. De existir fugas, deberán ser reparadas antes de tomar una muestra o seleccionar otro lugar de muestreo.
  - Desinfectar el grifo interna y externamente previa a la toma de muestra con algodón o hisopo con hipoclorito de sodio (100 mg NaOCl/L) ó alcohol al 70%.
  - Abra la llave y deje que el agua fluya durante dos a tres minutos, antes de tomar la muestra. Este procedimiento limpia la salida y descarga el agua que ha estado almacenada en la tubería.
  - Cuando se tomen muestras de grifos mezcladores, se retirarán los filtros, protectores contra salpicaduras y demás accesorios semejantes; se deberá correr el agua caliente durante 2 minutos, después el agua fría durante 3 minutos, se realizará la toma de muestra de la forma anteriormente señalada.
  
- **Pozos o reservorios de almacenamiento (En caso no tuviera acceso, grifo o caño o purga).**
  - Asegure un cordón de nylon de muestreo por medio del sujetador situado en un extremo del cable.
  - Si fuera necesario, puede añadir otro pedazo de cordel o soguilla al cable para alcanzar el nivel de agua deseado.
  - Tenga mucho cuidado de no perder el frasco de muestreo al realizar esta operación.
  - Coloque el frasco de muestreo en el pozo o reservorio, teniendo cuidado de no rozarlo contra las paredes de la estructura.
  - Permita que el frasco de muestreo se sumerja alrededor de 30 centímetros.
  - Retire el frasco de muestreo del pozo con cuidado.

**b) Consideraciones para la medición de parámetros de campo:**

- Utilizar guantes al momento de la toma de muestra.
- De acuerdo al Decreto Supremo n.º 031-2010-SA Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, corresponde evaluar los siguientes parámetros de campo: Cloro Residual Libre, Turbiedad, Conductividad, pH y Temperatura.



E. NIETO



E. GIL



S. TANG




E. QUICHIZ



P. RETURTO

www.gob.pe/microbiologia    Calle Las Américas N° 250

Anexo 04: Resultados de laboratorio.



**MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C**  
ANÁLISIS DE AGUAS – SUELOS – MINERALES Y OTROS.  
CON EQUIPOS CALIBRADOS Y CERTIFICADOS POR  
COMPARACIÓN DE TRAZABILIDAD DIRECTA DE INACAL.  
RUC: 20612800741.

---

**INFORME DE ENSAYO 0080/MQA**  
**RESULTADO DE ANÁLISIS**

**INFORMACION GENERAL:**

**ASUNTO** : ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE AGUA.  
**PROCEDENCIA** : CENTRO POBLADO CAMACANI, DISTRITO PLATERÍA – PUNO  
**INTERESADO** : DENILSON SALAS MENDOZA  
**MOTIVO** : ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
**MUESTREO POR** : DENILSON SALAS MENDOZA  
**PRODUCTO** : AGUA POTABLE  
**FECHA DE MUESTREO** : 04/06/2025.  
**FECHA DE ANÁLISIS** : 05/06/2025.  
**LUGAR DE ENSAYO** : MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C.  
**FECHA DE EMISIÓN** : 05/06/2025

**RESULTADOS DE ANÁLISIS:**

**CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:**

PARÁMETROS	UNIDAD	MN°01 MFC-01	MN°02 MFR-01	MN°03 MV1F01	MN°04 MV2F01	METODOLOGÍA
C.E	mS/cm	0.10	0.9	0.11	0.10	Conductímetro
Temperatura (°C)	°C	14.00	14.00	14.00	14.00	Termómetro
Turbiedad	UNT	0.8	0.5	0.8	0.7	Nefelometría
Color	UPC	3	2	3	4	Espectrofotometría
Sólidos Disueltos Totales	ptl	0.05	0.04	0.06	0.05	Evaporación y pesaje

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS:**

PARÁMETROS	UNIDAD	MN°01 MFC-01	MN°02 MFR-01	MN°03 MV1F01	MN°04 MV2F01	METODOLOGÍA
pH	Valor pH	7.84	7.66	7.70	7.73	Potenciometría
Dureza Total (como CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	136.80	212.80	155.80	121.80	Titulación con EDTA
Alcalinidad (como CaHCO <sub>3</sub> )	mg/l	66.54	55.45	66.54	55.45	Titulación ácido-base
Cloruros (como Cl)	mg/l	17.02	19.85	8.51	14.18	Titulación de Mohr
Sulfatos (como SO <sub>4</sub> )	mg/l	8.0	4.0	8.0	12.0	Espectrofotometría (Método de bario).
Nitratos (como NO <sub>3</sub> )	mg/l	0.05	0.04	0.05	0.06	método colorimétrico
Calcio (como Ca <sup>++</sup> )	mg/l	38.00	53.20	47.12	27.36	Titulación con EDTA
Cloro Residual Libre	mg/L	0.00	0.00	0.00	0.00	Método DPD
Magnesio (como Mg <sup>++</sup> )	mg/l	10.08	19.25	9.17	12.83	Titulación con EDTA

**CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS:**

PARÁMETROS	UNIDAD	MN°01 MMC-01	MN°02 MMR-01	MN°03 MV1M01	MN°04 MV2M01	METODOLOGÍA
Coliformes totales	NMP/100ml	160	90	30	5	APHA 9221B / EPA 1680
Coliformes termotolerantes	NMP/100ml	80	40	10	2	APHA 9222D / EPA 1603

Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida – a una cuadra del local Párgola - Puno  
 Cel. 973296546 – 983003185



**MEGALABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C**  
ANÁLISIS DE AGUAS = SUELOS = MINERALES Y OTROS.  
CON EQUIPOS CALIBRADOS Y CERTIFICADOS POR  
COMPARACIÓN DE TRAZABILIDAD DIRECTA DE INACAL.  
RUC: 20612800741.

**MÉTODOS DE ENSAYO UTILIZADOS:**

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE ENSAYO	RANGO DE DETECCIÓN ANALÍTICO
<b>FISICO-QUÍMICOS</b>		
LQM-001	pH: Medición con potenciómetro. Basado en APHA 4500-H <sup>+</sup> +5 B.	2.0-12.0 unidades de pH
LQM-002	Conductividad Eléctrica (C.E.): Medición con conductímetro. Basado en APHA 2510 B.	0.01-2000 µS/cm (o 0.01-2.0 mS/cm)
LQM-003	Temperatura: Medición directa con termómetro. Basado en APHA 2560 B.	0-50°C
LQM-004	Turbiedad: Determinación por nefelometría, midiendo la dispersión de luz por partículas. Basado en APHA 2130 B.	0.1-1000 UNT
LQM-005	Color: Determinación por espectrofotometría, midiendo la absorbancia de la muestra. Basado en APHA 2120 C.	1-100 UPC (Unidades Platino-Cobalto)
LQM-006	Sólidos Disueltos Totales (SDT): Método gravimétrico por evaporación a 180°C y pesaje del residuo. Basado en APHA 2540 C.	0.005-2.0 g/L (o 5-2000 mg/L)
LQM-007	Dureza Total (como CaCO <sub>3</sub> ): Titulación complejométrica con EDTA. Basado en APHA 2340 C.	5-1000 mg/L
LQM-008	Alcalinidad (como CaHCO <sub>3</sub> ): Titulación ácido-base con indicadores. Basado en APHA 2320 B.	10-500 mg/L
LQM-009	Cloruro (como Cl <sup>-</sup> ): Titulación argentométrica (Método de Mohr). Basado en APHA 4500-Cl <sup>-</sup> B.	1.0-1000 mg/L
LQM-010	Sulfatos (como SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ): Método turbidimétrico por espectrofotometría. Basado en APHA 4500-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> E.	1.0-500 mg/L
LQM-011	Nitrato (como NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ): Método colorimétrico de reducción de cadmio o similar. Basado en APHA 4500-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> D.	0.02-10.0 mg/L
LQM-012	Calcio (como Ca <sup>2+</sup> ): Titulación complejométrica con EDTA. Basado en APHA 3500-Ca B.	1.0-200 mg/L
LQM-013	Cloro Residual Libre: Determinación colorimétrica con reactivo DPD. Basado en APHA 4500-Cl <sup>-</sup> G.	0.02-10.0 mg/L
LQM-014	Magnesio (como Mg <sup>2+</sup> ): Cálculo por diferencia de dureza total y calcio, o titulación con EDTA. Basado en APHA 3500-Mg B.	0.5-50 mg/L
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>		
LQM-015	Coliformes Totales: Técnica del Número Más Probable (NMP) o Filtración por Membrana. Basado en APHA 9221B / EPA 1603.	1-1600 NMP/100 mL
LQM-016	Coliformes Termotolerantes: Técnica del Número Más Probable (NMP) o Filtración por Membrana. Basado en APHA 9222D / EPA 1603.	1-1600 NMP/100 mL

**OBSERVACIONES Y NOTAS:**

- > Los resultados presentados en este informe corresponden exclusivamente a las muestras recibidas en las condiciones indicadas.
- > Las muestras fueron recibidas en la oficina de recepción del laboratorio el 04 de junio de 2025 a las 2:03 PM y fueron procesadas de acuerdo a los procedimientos internos del laboratorio.
- > Límite de Detección (LOD) / Límite de Cuantificación (LOQ): Si un valor de resultado es reportado como "x [valor]", significa que la concentración del parámetro está por debajo del límite de detección o cuantificación del método utilizado.
- > Calibración y Trazabilidad: El laboratorio utiliza equipos calibrados y certificados por comparación de trazabilidad directa del Instituto Nacional de Calidad (INACAL), garantizando la fiabilidad de las mediciones.

Fin del informe



MEGA LABORATORIOS QUÍMICOS DE LOS ANDES S.A.C.  
RUC: 20612800741  
GERENTE

Jr. Esmeralda N°193 URB - Villa Florida - a una cuadra del local Pégola - Puno  
Cel. 973296546 - 983003185

**Anexo 05:** Registro fotográfico de la toma de muestras.



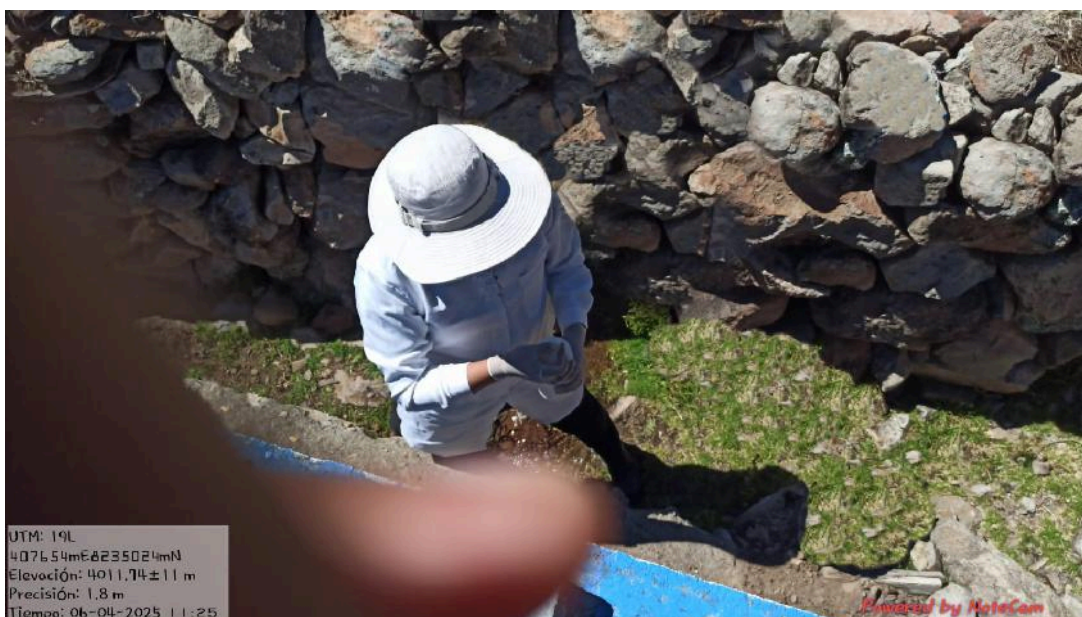
**Figura 16:** Preparación para el Muestreo de Agua en el Reservorio de Camacani.

La imagen muestra la preparación (con EPP) y equipos previo al monitoreo de la calidad del agua en Camacani el 04 de junio de 2025 (Zona UTM 19 L 407690 8235600). Este proceso se alinea con los procedimientos del RD-160-2015-DIGESA, asegurando la precisión y validez de las muestras.



**Figura 17:** Apertura del Reservorio para Toma de Muestras en el Centro Poblado Camacani.

La presente imagen captura el momento de la apertura del reservorio (PM2) del sistema de abastecimiento de agua en el centro poblado Camacani. Esta actividad se realizó con el objetivo de proceder a la toma de muestras de agua para su análisis de calidad. El proceso se llevó a cabo el 04 de junio de 2025, en la ubicación geográfica de Zona UTM 19 L 407690 8235600, correspondiente al reservorio. Es importante destacar la presencia y el permiso de la Sra. Martina Pino, Presidenta de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) Camacani, lo cual subraya la transparencia y la validación comunitaria del proceso de muestreo.



**Figura 18:** Toma de Muestra de Agua para análisis fisicoquímico en el punto de Captación (PM1) de Camacani.

La imagen documenta la toma de muestra de agua en el punto de captación (PM1) del sistema de abastecimiento de Camacani, efectuada el 04 de junio de 2025 (Zona UTM 19 L 407654 8235024). Debido a que la captación se encontraba sellada, la muestra para análisis fisicoquímico fue recolectada del rebose, asegurando que las condiciones del agua fueran representativas de la fuente principal, según lo indicado por la Presidenta de JASS Camacani.



**Figura 19:** Recolección de Muestra de Agua para Análisis Microbiológico en la Captación (PM1).

La imagen muestra la toma de muestra de agua para análisis microbiológico en el rebose de la captación (PM1) del sistema de Camacani, el 04 de junio de 2025 (Zona UTM 19 L 407654 8235024). La recolección se realizó en el rebose debido a que la captación estaba sellada, garantizando la representatividad de la muestra para este tipo de análisis.



**Figura 20:** Toma de la Muestra de Agua para Análisis Físicoquímico en el Reservorio de la red de distribución (PM2).

La imagen muestra la recolección de una muestra de agua para análisis físicoquímico en el reservorio (PM2) del sistema de Camacani, el 04 de junio de 2025 (Zona UTM 19 L 407690 8235600). Esta acción forma parte del monitoreo de calidad para evaluar las características del agua en este punto clave de la red de distribución.



**Figura 21:** Recolección de Muestra de Agua para Análisis Microbiológico en el Reservorio (PM2).

La imagen documenta la toma de muestra de agua para análisis microbiológico en el reservorio (PM2) de Camacani, llevada a cabo el 04 de junio de 2025 (Zona UTM 19 L 407690 8235600). Esta acción es vital para evaluar la calidad del agua en este punto de almacenamiento y distribución.



**Figura 22:** Recolección de Muestra de Agua para Análisis Físicoquímico en Vivienda Media (PM3).

La imagen representa la toma de muestra de agua para análisis físicoquímico en un grifo domiciliario de una vivienda situada en la zona media de la red de distribución (PM3) de Camacani. Esta actividad se realizó el 04 de junio de 2025 (Zona UTM 19 L 408014 8236402), siendo esencial para evaluar la composición físicoquímica del agua en este punto de consumo.



**Figura 23:** Recolección de Muestra de Agua para Análisis Microbiológico en Vivienda Media (PM3).

La imagen representa la toma de muestra de agua para análisis microbiológico en un grifo domiciliario de una vivienda ubicada en la parte media de la red de distribución (PM3) de Camacani. La recolección se efectuó el 04 de junio de 2025 (Zona UTM 19 L 408014 8236402), siendo crucial para evaluar la calidad del agua antes de su consumo en un punto intermedio de la red.



**Figura 24:** Recolección de Muestra de Agua para Análisis Físicoquímico en la Última Vivienda (PM4).

La imagen fue captada en la toma de muestra de agua para análisis físicoquímico en un grifo domiciliario de la última vivienda de la red de distribución (PM4) de Camacani. Realizada el 04 de junio de 2025 (Zona UTM 19 L 408423 8237579), esta acción es de gran importancia para evaluar la calidad del agua en el punto final de consumo.



**Figura 25:** Recolección de Muestra de Agua para Análisis Microbiológico en la Última Vivienda (PM4).

La imagen representa la toma de muestra de agua para análisis microbiológico en un grifo domiciliario de la última vivienda de la red de distribución (PM4) de Camacani. Realizada el 04 de junio de 2025 (Zona UTM 19 L 408423 8237579), esta acción es para conocer la calidad microbiológica del agua en el punto final.



**Figura 26:** Medición de Cloro Residual Libre con Equipo HACH en el Reservorio de la red (PM2).

La imagen muestra la medición in situ del cloro residual libre en el reservorio (PM2) del sistema de distribución de agua en Camacani, utilizando un equipo HACH portátil. Esta actividad, realizada el 04 de junio de 2025 (Zona UTM 19 L 407690 8235600), es fundamental para evaluar la eficacia de la desinfección del agua.



**Figura 27:** Entrega de Muestras de Agua en el Laboratorio para Análisis.

La imagen muestra la entrega de un total de ocho muestras de agua (4 fisicoquímicas y 4 microbiológicas) en la oficina de recepción del laboratorio, el 04 de junio de 2025 (Zona UTM 19 L 390800 8250450). Las muestras fueron debidamente rotuladas, conservadas en bolsas Ziploc, siguiendo los procedimientos establecidos en el Protocolo de Procedimientos para la Toma de Muestras, Preservación, Conservación, Transporte, Almacenamiento y Recepción de Agua para Consumo Humano RD-160-2015-DIGESA, asegurando así su integridad para los análisis respectivos.

Anexo 06: Fichas de registro.

**Ficha de Datos de Campo**

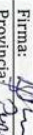

1) No. Ficha de Campo	1	2) Nombre de Red de Salud		3) Nombre de micro Red de Salud		7) Población de la localidad	209
4) Nombre del Programa de Muestreo	Estudio Regional	5) Disponibilidad de Agua Potable	<input checked="" type="checkbox"/>	6) Nombre del Sistema de Agua Potable	PLATELA	8) Población servida	94
9) Organismo	PUNO	11) Distrito	C. D. CAMACARI	13) Nombre ESS	CAMACARI		
10) Provincia	PUNO	12) Localidad	MENUCZA	16) DNI	72523359	17) Firma	04-06-25
15) Muestreador (Apellidos y Nombres)	Devilson SAAZ						
14) Fecha de Registro (año/mes/día)							

Codigo de Campo	Fecha de Muestreo	Hora de Muestreo	Matriz	Origen de la Muestra	Punto de Muestreo	Parámetros medidos en campo					Tipo de Muestra			Continuidad del Servicio en el punto de muestreo (h/día)	Tipo de Fuente hídrica aprovechada (Labor en caso de "Origen de la Muestra" con Certificación Fuente Hídrica)	Coordenadas del Punto de Muestreo (Según estándar del Instituto Geográfico Nacional)	
						PH	Temperatura (°C)	Conductividad (µs/cm)	Turbiedad (UNT)	Cloro Residual (mg/L)	Microbiológico	Físico Químico	Metales Pesados			34) Zona UTM	35) Etiqueta
MP10	04-06	11:25	G: Capchañan		PM1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	407654	8235024
MP11	04-06	11:21	G: Capchañan		PM1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	407654	8235024
MP12	04-06	11:40	G: Huaruano		PM2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	407690	8235600
MP13	04-06	11:43	G: Huaruano		PM2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	407690	8235600
MP14	04-06	12:12	G: Watañan		PM3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	408014	8236402
MP15	04-06	12:19	G: Utianda		PM3	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	408014	8236402
MP16	04-06	12:35	G: Utianda		PM4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	408443	8233579
MP17	04-06	12:36	G: Utianda		PM4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	408443	8233579

17) Observaciones:

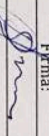
Responsable del Muestreo  
Nombre y Apellido: Devilson SAAZ MENUCZA

**CADENA DE CUSTODIA**


Código número de custodia: 75-05031-045	Solicitante: Devilsou S.A.S M.L.	DNI: 735237 SQ	Firma: 
Institución: SIDA PCS.	Dirección: No. Uscu No. 9.	Distrito: Ptefeta.	Provincia: Are
Teléfono: 951918960	FAX: -	Responsable del muestreo: Devilsou S.A.S Mendoza.	Dpto.: Peru
		Firma: 	Urgencia: Regular Alta 0

Código U.M. (1)	Código de campo	Fecha de muestreo	Tipo de muestreo (2)	N.º de envases por punto de muestreo	Preservación	Parámetros químicos ( )	Parámetros físico-biológicos ( )	Observaciones
M1	MFC01	04-06-25	A.P.C.H.	1	Refrigeración	X	X	-
M2	MFC01	04-06-25	A.P.C.H.	1	Refrigeración	X	X	-
M3	MFR01	04-06-25	A.P.C.H.	1	Refrigeración	X	X	-
M4	MFR01	04-06-25	A.P.C.H.	1	Refrigeración	X	X	-
M5	MUF01	04-06-25	A.P.C.H.	1	Refrigeración	X	X	-
M6	MUF01	04-06-25	A.P.C.H.	1	Refrigeración	X	X	-
M7	MUCF01	04-06-25	A.P.C.H.	1	Refrigeración	X	X	-
M8	MUZM01	04-06-25	AP.C.H.	1	Refrigeración	X	X	-

Entregado:

Nombre y Apellidos: Devilsou S.A.S Mendoza	Firma: 	Institución/empresa: -	Fecha: 04:06:25	Hora: 14:05
--	--	------------------------	-----------------	-------------

Recibido:

Nombre y Apellido: Edurn Ramos Yucra	Firma: 	Institución/empresa: MGA Lab. LOS ANDES S.A.C.	Fecha: 04:06:25	Hora: 14:06
--------------------------------------	--	--	-----------------	-------------

Comentarios

Condición y temperatura de llegada de las muestras:

(1) Campo exclusivo para el laboratorio

(2) AB (Agua Superficial); AM (Agua de Mar); AR (Agua Residual); BV (Bianco Viaje); BC (Bianco de Campo); BE (Bianco de Equipo); SE (Sedimento); LD (Lodo); SU (Suelo)

(3) Ver lista de parámetros del Decreto Supremo N.º 004-2017-MINAM "Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua" y otros que se requiera para investigación.