

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL



**EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES SEGÚN
CONDICIONES DE OPERACIÓN DE TANQUES SÉPTICOS MEJORADOS CON
POZOS DE ABSORCIÓN EN EL LIMÓN, UTCO, CELENDÍN - 2024**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER
MARLO RODRÍGUEZ VARGAS

ASESOR
Ing. MCs. GIOVANA E. CHÁVEZ HORNA

CAJAMARCA – PERÚ


2026



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
MARLO RODRÍGUEZ VARGAS
DNI N° 73654789
Escuela Profesional/Unidad UNC:
DE INGENIERÍA AMBIENTAL
2. Asesor:
ING° M. Cs. GIOVANA ERNESTINA CHÁVEZ HORNA
Facultad/Unidad UNC:
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
3. Grado Académico o título profesional:
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
4. Tipo de investigación:
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
5. Título del trabajo de investigación:
**"EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES SEGÚN
CONDICIONES DE OPERACIÓN DE TANQUES SÉPTICOS MEJORADOS
CON POZOS DE ABSORCIÓN EN EL LIMÓN, UTCO, CELENDÍN - 2024"**
6. Fecha de evaluación: 21/10/2025
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (ORIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 2%
9. Código documento:
10. Resultado de la evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha de Emisión: 01/06/2026

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 ING° M. Cs. GIOVANA ERNESTINA CHÁVEZ HORNA DNI: 40432609

*En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"

Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Celendín, a los doce días del mes de marzo del año dos mil veintiséis, se reunieron en el aula 102 de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental - Sede Celendín, los miembros del Jurado, designados según Resolución de Consejo de Facultad N° 057-2026-FCA-UNC, de fecha 12 de enero del 2026, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: "EFICIENCIA DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES SEGÚN CONDICIONES DE OPERACIÓN DE TANQUES SÉPTICOS MEJORADOS CON POZOS DE ABSORCIÓN EN EL LIMÓN, UTCO, CELENDÍN - 2024", realizada por la Bachiller MARLO RODRÍGUEZ VARGAS para optar por el Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL.

A las DIEZ horas con TREINTA minutos, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, el presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el presidente del Jurado anunció la APROBACIÓN por UNANIMIDAD con calificativo de CATORCE (14) por tanto, el Bachiller queda expedido para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de INGENIERO AMBIENTAL.

A las ONCE horas y VEINTE minutos del mismo día, el presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.



Ph.D. Manuel Roberto Roncal Rabanal
PRESIDENTE



Ing° M. Cs. Edgar Darwin Díaz Mori
SECRETARIO



Ing. M. Cs. Adolfo Máximo López Aylas
VOCAL



Ing° M. Cs. Giovana Ernestina Chávez Horna
ASESOR

COPYRIGHT © 2026 by
MARLO RODRIGUEZ VARGAS
Todos los derechos reservados

DEDICATORIA

A mis padres, Vicente Rodríguez Garay y Filomena Vargas Becerra, por ser el pilar fundamental de mi vida. Gracias por su apoyo incondicional y por enseñarme, con el ejemplo, que las metas se alcanzan con esfuerzo, constancia y fe. Su confianza en mí, incluso en los momentos más difíciles, fue mi mayor fortaleza.

A mi familia y amigos, por estar presentes con palabras de aliento y gestos sinceros en cada etapa de este camino. Su compañía me motivó a seguir adelante, incluso cuando las fuerzas parecían agotarse.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por concederme la vida, la salud y la sabiduría necesarias para culminar con firmeza esta etapa de formación profesional. Su presencia fue guía y sustento en cada momento de este proceso.

A mi familia y amigos, por su apoyo incondicional, por acompañarme con fortaleza y por confiar siempre en mis capacidades. Su presencia ha sido un pilar fundamental para alcanzar esta meta.

A la Ing. MCs. Giovana E. Chávez Horna, asesora de este proyecto, por su valiosa orientación, compromiso y disposición durante el desarrollo de esta investigación. Su guía ha sido esencial para lograr los objetivos planteados.

A todos los docentes que contribuyeron a mi formación académica y personal, por transmitir no solo conocimientos técnicos, sino también principios éticos y valores que hoy definen mi vocación como profesional. A todos ellos, dedico este trabajo como muestra de gratitud y reconocimiento por fomentar en mí el deseo de superación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II	4
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Antecedentes de la Investigación	4
2.2. Bases Teóricas	8
2.2.1. Saneamiento básico	8
2.2.2. Biodigestores autolimpiables o tanques sépticos mejorados.....	9
2.2.3. Unidades básicas de saneamiento instaladas en el caserío El Limón	17
2.2.4. Operación y funcionamiento de las unidades básicas de saneamiento en el caserío El Limón – El Tambo.....	22
2.2.5. Funcionamiento de los biodigestores	22
2.2.6. Mantenimiento de los biodigestores autolimpiables o tanques sépticos mejorados	23

2.3.	Definición de Términos Básicos.....	24
2.3.1.	<i>Carga orgánica</i>	24
2.3.2.	<i>Tanque séptico mejorado (Biodigestor)</i>	24
2.3.3.	<i>Tiempo de detención hidráulica (TRH)</i>	24
2.3.4.	<i>Unidad básica de saneamiento (UBS)</i>	24
2.3.5.	<i>Pozo de absorción</i>	25
2.3.6.	<i>Eficiencia de tratamiento</i>	25
CAPÍTULO III.....		26
MATERIALES Y MÉTODOS		26
2.1.	Localización de la Investigación	26
2.2.	Materiales y Equipos Experimentales	26
2.3.	Procedimiento Metodológico.....	28
2.4.	Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos	34
CAPÍTULO IV.....		35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		35
4.1.	Eficiencia del tratamiento de aguas residuales según condiciones de operación de tanques sépticos mejorados con pozos de absorción	35
4.2.	Parámetros fisicoquímicos y biológicos con y sin tratamiento, comparados con el D.S. N.º 003-2010-MINAM.....	43
4.3.	Condiciones de operación de los tanques sépticos mejorados con pozos de absorción.	50
CAPÍTULO V		54

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	54
5.1. Conclusiones.....	54
5.2. Recomendaciones	55
CAPÍTULO VI.....	56
REFERENCIAS.....	56
CAPÍTULO VII	63
ANEXOS.....	63
Anexo 1. Matriz de consistencia.....	64
Anexo 2. Cadena de custodia.....	65
Anexo 3. Informes de laboratorio	71
Anexo 4. Fichas de observación de los parámetros de campo	107
Anexo 5. Panel fotográfico.....	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Indicadores, técnicas e instrumentos de medición	28
Tabla 2 Parámetros a analizar y frecuencia de muestreo	31
Tabla 3 Matriz de fuentes de información y técnicas de recolección.....	33
Tabla 4 Análisis de varianza datos	34
Tabla 5 Análisis de la varianza de las eficiencias de remoción de la DBO ₅ de los T. sépticos en los puntos de muestreo	37
Tabla 6 Análisis de la varianza de las eficiencias de remoción de la DQO de los T. sépticos en los puntos de muestreo	40
Tabla 7 Análisis de la varianza de las eficiencias de remoción de coliformes termotolerantes de los T. sépticos en los puntos de muestreo	42
Tabla 8 Análisis de la varianza del potencial de hidrógeno en función a los puntos de muestreo	50
Tabla 9 Condiciones de operación de los tanques sépticos mejorados con pozos de absorción	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Componentes del biodigestor autolimpiable o tanque séptico mejorado.....	16
Figura 2 Componentes de la instalación del biodigestor en la zona rural.....	16
Figura 3 Unidad básica de saneamiento instalada en el caserío El Limón	17
Figura 4 Detalle del tanque séptico mejorado (biodigestor).....	19
Figura 5 Detalle de dimensiones para el tanque séptico mejorado (biodigestor)	19
Figura 6 Detalle de la cámara de lodos	20
Figura 7 Detalle del pozo de absorción.....	20
Figura 8 Vista lateral de la unidad básica de saneamiento instalada en el caserío El Limón .	21
Figura 9 Pasos del funcionamiento del biodigestor en el saneamiento rural	23
Figura 10 Ubicación de la investigación (caserío El Limón – Utco – Celendín	27
Figura 11 Ubicación de los puntos de muestreo del tanque séptico mejorado con pozo de absorción instalada en el caserío El Limón - El Tambo.....	29
Figura 12 Vista del detalle corte A-A de la figura 11 del tanque séptico mejorado con pozo de absorción	29
Figura 13 Vista del detalle corte B-B de la figura 11 del tanque séptico mejorado con pozo de absorción	30
Figura 14 Eficiencia promedio de remoción de la DBO ₅	35
Figura 15 Eficiencia promedio de remoción de DQO.....	38
Figura 16 Eficiencia promedio de remoción de coliformes termotolerantes.....	41
Figura 17 Concentración promedio de la DBO ₅ y comparación con el límite máximo permisible.....	43
Figura 18 Concentración promedio de la DQO y comparación con el límite máximo permisible.....	45

Figura 19 Concentración promedio de CTT y comparación con el límite máximo permisible46

Figura 20 Potencial de hidrógeno en los tanques sépticos.....48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia..... 64

Anexo 2. Cadena de custodia..... 65

Anexo 3. Informes de laboratorio..... 71

Anexo 4. Fichas de observación de los parámetros de campo 107

Anexo 5. Panel fotográfico 113

RESUMEN

El limitado acceso a servicios de saneamiento en zonas rurales del Perú continúa afectando la salud pública y el ambiente. Por ello, la presente investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia del tratamiento de aguas residuales en tanques sépticos mejorados con pozos de absorción en el caserío El Limón, distrito de Utco, provincia de Celendín, durante 2024. Se evaluaron tres sistemas ubicados entre 2004 y 2011 m s. n. m., mediante el monitoreo de tres puntos (afluente, efluente del biodigestor y efluente del pozo de absorción), con seis muestreos en tres meses, analizando DBO₅, DQO, coliformes termotolerantes y pH, además de registrar caudal y condiciones operativas. Los resultados mostraron reducciones superiores al 97% en DBO₅ (1069.4–1400.8 mg/L a 25.6–35.9 mg/L) y entre 94–97% en DQO (1875.4–2700 mg/L a 83–113.4 mg/L); los coliformes termotolerantes disminuyeron hasta 4 ciclos logarítmicos (98.1–99.99%), aunque no cumplieron el límite máximo permisible, mientras que el pH se mantuvo en rango neutro (7.1–7.7), los efluentes tratados cumplieron con los límites establecidos para DBO₅, DQO y pH; sin embargo, no alcanzaron el estándar exigido para coliformes termotolerantes (10×10^4).

Palabras clave: aguas residuales, tanques sépticos mejorados, pozo de absorción, eficiencia, parámetros fisicoquímicos, coliformes termotolerantes.

ABSTRACT

Limited access to sanitation services in rural areas of Peru continues to negatively affect public health and the environment. Therefore, this study aimed to determine the efficiency of wastewater treatment in septic tanks improved with absorption wells in the El Limón hamlet, Utcó district, Celendín province, during 2024. Three systems located between 2004 and 2011 m a.s.l. were evaluated by monitoring three sampling points (influent, biodigester effluent, and absorption well effluent), with six sampling events over three months. The parameters analyzed included BOD₅, COD, thermotolerant coliforms, and pH, in addition to recording flow rate and operational conditions. The results showed reductions greater than 97% in BOD₅ (from 1069.4–1400.8 mg/L to 25.6–35.9 mg/L) and between 94–97% in COD (from 1875.4–2700 mg/L to 83–113.4 mg/L). Thermotolerant coliforms decreased by up to 4 logarithmic cycles (98.1–99.99%), although they did not meet the maximum permissible limit. The final pH remained within the neutral range (7.1–7.7). The treated effluents complied with the established limits for BOD₅, COD, and pH; however, they did not achieve the required standard for thermotolerant coliforms (1.0×10^5 MPN/100 mL). According to Supreme Decree No. 003-2010-MINAM (Effluent Quality Standards), the treated effluents met the established limits for BOD₅, COD, and pH; however, they did not meet the required standard for thermotolerant coliforms (10×10^4).

Keywords: wastewater, improved septic tanks, absorption pit, efficiency, physicochemical parameters, thermotolerant coliforms.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El acceso universal a servicios adecuados de agua y saneamiento sigue siendo uno de los principales retos ambientales y de salud pública a nivel global. Si bien se han logrado avances importantes en los últimos años, aún persisten brechas significativas, especialmente en áreas rurales y comunidades en situación de vulnerabilidad. En el año 2022, más de la mitad de la población mundial contaba con acceso a saneamiento seguro; sin embargo, cerca de 1500 millones de personas todavía carecían de servicios básicos, y 419 millones practicaban la defecación al aire libre. Esta situación compromete directamente el bienestar humano y el desarrollo socioeconómico, al estar asociada con la propagación de enfermedades infecciosas y la degradación ambiental (OMS, 2024, p. 1).

En respuesta a esta problemática, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por las Naciones Unidas incluyen el Objetivo N.º 6, que promueve la disponibilidad y gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. Este objetivo enfatiza la necesidad de incrementar la inversión, fortalecer las capacidades técnicas e institucionales, fomentar la innovación en los sistemas de agua y saneamiento, y promover la

cooperación intersectorial como base para una gestión integral y eficiente del recurso hídrico (ONU, 2023, p. 24).

En el contexto nacional, el Estado peruano impulsa el Programa Nacional de Saneamiento Rural (PNSR) como estrategia central para garantizar el acceso sostenible a servicios de agua y saneamiento en las zonas rurales. Para el año 2025, el programa anunció la ejecución de 73 proyectos de saneamiento en 15 regiones del país, los cuales beneficiarán a más de 43 637 personas, mediante tecnologías adaptadas al contexto rural, como sistemas de captación de agua de lluvia y Unidades Básicas de Saneamiento (UBS) (Construcción y Vivienda, 2024). Asimismo, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento informó que el presupuesto público 2025 contempla la ejecución de 638 obras de saneamiento rural, lo que refleja el compromiso estatal con la ampliación de la cobertura y la sostenibilidad de los servicios básicos en las comunidades rurales del país (MVCS, 2024).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2023), hasta septiembre de 2023 el 89.1 % de la población peruana contaba con acceso a agua mediante red pública, aunque con diferencias significativas en el tipo de acceso: un 83.5 % accedía al agua dentro de la vivienda, un 3.6 % fuera de la vivienda, pero dentro de la edificación, y un 2 % mediante pilones de uso público. Sin embargo, el 23.1 % de la población lo que equivale a más de siete millones de personas no tenía acceso a un sistema formal de alcantarillado y utilizaba soluciones como pozos ciegos, pozos sépticos, ríos o acequias, letrinas, o incluso ningún sistema (p. 5, 43).

Frente a esta realidad, el uso de tanques sépticos mejorados con pozos de absorción representa una alternativa tecnológica diseñada para el contexto rural, contemplada en el marco normativo del DS N.º 002-2012-VIVIENDA. Estas unidades consisten en un tanque de 600 litros que facilita la extracción de lodos, minimiza la emisión de olores y reduce la

presencia de vectores infecciosos, contribuyendo así a mejorar la calidad sanitaria y ambiental en las viviendas rurales. Sin embargo, a pesar de su implementación en diversas regiones del país, la eficiencia operativa de estas tecnologías ha sido escasamente evaluada, particularmente en cuanto a su desempeño bajo condiciones reales de uso y mantenimiento por parte de los propios usuarios (MVCS, 2012).

En el distrito de Utco, provincia de Celendín, se ejecutó un proyecto integral de saneamiento que contempló la mejora y ampliación de ocho sistemas de agua potable y la instalación de 658 unidades básicas de saneamiento para beneficiar a 2,270 habitantes distribuidos en 644 viviendas y 14 instituciones públicas. En la localidad de El Limón, se implementaron 289 de estas unidades, de las cuales 68 fueron instaladas en el sector El Tambo. El proyecto se puso en marcha en marzo de 2023, pero hasta la fecha no se ha realizado una evaluación técnica sobre la eficiencia de los tanques sépticos mejorados con pozos de absorción en el tratamiento de las aguas residuales domésticas generadas en esta zona rural.

Frente a esta realidad, se formula el objetivo general, determinar la eficiencia del tratamiento de aguas residuales según condiciones de operación de tanques sépticos mejorados con pozos de absorción en El Limón, Utco, Celendín - 2024. Para lograrlo, se establecen los siguientes objetivos específicos: evaluar los parámetros fisicoquímicos (pH, DBO₅, DQO) y biológicos (CTT), antes y después del tratamiento y verificar el cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos por el D.S. N° 003-2010-MINAM del efluente del tratamiento de aguas residuales rurales; y evaluar las condiciones de operación de los tanques sépticos mejorados con pozos de absorción: caudal, temperatura, altitud, número de habitantes, permanencia de las familias.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la Investigación

Según, Silva et al. (2019), determinaron la eficacia de los biodigestores domésticos en la eliminación de bacterias y virus en áreas rurales pobres de Minas Gerais, Brasil. Su metodología implicó el análisis de muestras de agua residual antes y después del tratamiento en los biodigestores. Aunque algunos parámetros no se eliminaron eficientemente, los biodigestores lograron reducir significativamente los virus y bacterias entéricos. En particular, se observó una reducción del 90% en Adenovirus humano, 99% en virus de la hepatitis A, 99.99% en *Salmonella sp* y 99.99% en *Escherichia coli* (p. 8).

También, Franceschini et al. (2021) evaluaron la eficiencia de un sistema de tanque séptico económico (Economic Septic Tank – EST) para el tratamiento de aguas residuales domésticas en zonas rurales de Brasil. Se instalaron dos sistemas en viviendas unifamiliares rurales: uno que trataba aguas sanitarias completas (residencia A) y otro que trataba exclusivamente aguas negras (residencia B). Cada sistema consistió en tres botellas de polietileno de 220 L interconectadas y operó mediante sedimentación,

floculación y digestión anaerobia. Para ello, se midieron parámetros como sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y demanda química de oxígeno (DQO), comparando concentraciones en afluente y efluente. Los resultados mostraron eficiencias de remoción del 75 % en SST, 58 % (A) y 55 % (B) en DBO_5 , y 61 % (A) y 60 % (B) en DQO, lo cual indica un desempeño satisfactorio del sistema en ambos casos, según estándares de la literatura (p. 1).

Del mismo modo, Domínguez & Rojas (2019) evaluaron la eficacia de los biodigestores autolimpiables en las unidades básicas de saneamiento con arrastre hidráulico (UBS-AH) para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la localidad de Huando, ubicada a 3633 m s. n. m. El estudio consistió en tres monitoreos con toma de muestras en la entrada y salida de seis biodigestores, analizando parámetros físicos, químicos y microbiológicos. Los resultados evidenciaron una remoción de sólidos totales en suspensión (50.09%), demanda química de oxígeno (73.14%), demanda bioquímica de oxígeno (71.47%), aceites y grasas (93.45%) y coliformes termotolerantes (36.75%). Asimismo, se verificó que los efluentes cumplen con los límites máximos permisibles establecidos por el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM, concluyéndose que los biodigestores autolimpiables resultan eficaces en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

También, Aguirre et al. (2018) evaluaron la eficiencia de un sistema de tanque séptico como alternativa de tratamiento primario de aguas residuales domésticas en zonas sin alcantarillado. El estudio se realizó en una vivienda familiar del distrito de Lurigancho-Chosica, Lima, mediante un proyecto piloto a escala real. Para ello, se construyó un tanque séptico rectangular de 0.88 m² de área y 1.7 m de profundidad, con paredes de ladrillo y mezcla de cemento y arena fina, conectado a las tuberías de cocina y servicios. El sistema operó con un tiempo de retención de tres días y un caudal de

$4.624 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$, depositando un volumen de 0.216 m^3 . Se analizaron parámetros fisicoquímicos (sólidos suspendidos totales, turbidez, pH, oxígeno disuelto, conductividad y DBO_5) y biológicos (coliformes totales y fecales) en laboratorio. Los resultados mostraron que el tanque séptico alcanzó una eficiencia de funcionamiento del 63.12 % en la mejora de la calidad del agua (p. 29).

Hu et al. (2007) evaluaron el tratamiento in situ de aguas residuales domésticas utilizando un sistema compuesto por tanque séptico acoplado a pozo de absorción en suelo (SAS, Soil Adsorption System). El estudio se desarrolló en un piloto al aire libre con una capacidad diaria aproximada de 1.5 m^3 , complementado por ensayos de laboratorio en tanques. Para ello, se analizó la eliminación de contaminantes mediante procesos de filtración, sedimentación, absorción química, nitrificación y desnitrificación, midiendo parámetros como concentración de amonio, nitrato y la suma de amonio más nitrato. Los resultados mostraron una disminución del amonio en un 76.0 %, un aumento del nitrato del 91.8 %, mientras que la suma de ambos (amonio + nitrato) registró una reducción del 51.3 %, lo que evidencia la efectividad del sistema en la transformación de nutrientes nitrogenados (p. 1).

Asimismo, Ríos & Cisneros (2019), evaluaron la eficacia de un biodigestor familiar para el tratamiento de aguas residuales domésticas en la asociación Los Víquez, Carapongo – Lurigancho Chosica, Lima, ubicada a 471 m s. n. m. El sistema instalado consistió en un tanque de 600 litros de flujo continuo, con un caudal de entrada de 381.12 l/día , que operó durante tres meses, bajo condiciones de temperatura promedio de 22.4 °C (pre) y 22.5 °C (post). Los análisis fisicoquímicos y microbiológicos reportaron eficiencias de remoción de aceites y grasas (82.5%), coliformes totales (98.3%), coliformes termotolerantes (97.3%), DBO_5 (84.9%), DQO (82%) y SST (89.5%), alcanzando una eficiencia global promedio del 89% en el tratamiento primario de aguas

residuales domésticas. Se concluyó que el biodigestor constituye una alternativa viable y sostenible para reducir impactos ambientales en agua, aire y suelo, además de contribuir a la salud colectiva de la población.

Silva Flores (2022) determinó la eficiencia de un biodigestor comercial en el tratamiento de aguas residuales domésticas. El estudio se realizó en Yarinal, distrito de Pardo Miguel, provincia de Rioja, región San Martín, a una altitud aproximada de 830 m s. n. m. Para ello, el experimento se desarrolló durante un mes, recolectándose cuatro muestras de agua de manera semanal para llevar a cabo los análisis correspondientes. Los resultados obtenidos en la primera fase de evaluación del biodigestor (comparación entre afluente y efluente, antes del pozo de absorción) mostraron una eficiencia de 51.48% en demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), 46% en demanda química de oxígeno (DQO), 52.84% en sólidos totales en suspensión, 87.60% en coliformes fecales (termotolerantes), 269% en oxígeno disuelto y 27% en fosfatos. La temperatura promedio del agua fue de 20.50 °C. Con base en estos resultados, se concluyó que el biodigestor no funciona eficientemente en la etapa inicial del tratamiento y no cumple con los parámetros establecidos para la descarga de efluentes residuales (p. xii).

Asimismo, Goicochea Pérez (2022) evaluó la influencia de la altitud en la eficiencia de tratamiento de los biodigestores autolimpiables en la provincia de Celendín. Para ello, se midieron parámetros como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) y la presencia de coliformes termotolerantes. Durante un período de 4 meses, se tomaron muestras periódicas en el afluente y efluente de los biodigestores, obteniendo un total de 4 muestras en cada punto de monitoreo. Los resultados indican que la altitud tiene un impacto significativo en la eficiencia de los biodigestores para el tratamiento de aguas residuales domésticas. Específicamente, el biodigestor a 2645 m s. n. m. logra una remoción del 24.52% en DBO_5 y un 97.62% en coliformes termotolerantes, mientras que

el biodigestor a 3135 m s. n. m. alcanza una remoción del 18.77% en DBO₅ y un 35% en coliformes termotolerantes (p. VII).

Asimismo, Calvo et al. (2020) evaluaron la eficiencia de sistemas comerciales de tratamiento de aguas residuales domésticas conformados por tanque séptico y filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) en Costa Rica. El estudio se realizó en dos edificios multifamiliares y una casa unifamiliar, mediante muestreos periódicos durante cuatro meses, analizando parámetros como pH, temperatura, sólidos suspendidos totales (SST) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅). Los resultados mostraron que la DBO₅ presentó una remoción del 10.7 % en el tanque séptico y del 29.3 % en el FAFA, alcanzando una eficiencia total de 36.9 %, mientras que los SST se redujeron un 59.6 % en el tanque y un 57.5 % en el FAFA, con una reducción acumulada del 82.8 % (p. 48).

También, Mego Torres (2023), llevó a cabo un estudio para evaluar la eficiencia de los biodigestores en el sector uno de la comunidad de Cabracancha, distrito y provincia de Chota, departamento Cajamarca. Para ello, recolectó 18 muestras de tres biodigestores. Los resultados mostraron una temperatura promedio de 16.74 °C, un pH promedio de 8.23 y una eficiencia de remoción de 77.84% para la DBO₅, 79.76% para la DQO y 89.32% para los SST. Concluyendo que los biodigestores demostraron ser eficientes en la remoción de DBO₅, DQO y SST, no cumplen con los límites máximos permisibles (LMP) para la descarga de efluentes tratados, establecidos por el D.S. N° 003-2010-MINAM (p. 15).

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Saneamiento básico

El saneamiento se define como el acceso y utilización de instalaciones y servicios que permiten la eliminación segura de la orina y las heces humanas. Un sistema de saneamiento seguro es aquel que está diseñado y se utiliza para prevenir

el contacto de las personas con las excretas humanas en todas las fases del proceso de saneamiento. Esto incluye desde la contención en el inodoro, pasando por el vaciado, transporte y tratamiento (ya sea in situ o fuera del lugar), hasta su uso y/o disposición final. Este proceso también implica la recepción de las excretas en los inodoros y su contención a través del vaciado, transporte y tratamiento (in situ o fuera del lugar) (OMS, 2019, p. 12).

UNICEF (2012), considera que el saneamiento es un sistema integral que incluye comportamientos, instalaciones y servicios que, en conjunto, crean un ambiente higiénico. Este ambiente es esencial para que los niños y las niñas puedan resistir a las enfermedades y desarrollarse de manera saludable. Además, el saneamiento adecuado también contribuye a la salud general de la comunidad, previene la propagación de enfermedades infecciosas y mejora la calidad de vida. En resumen, el saneamiento es un componente fundamental para el bienestar y el desarrollo sostenible de cualquier sociedad (p. 1).

El saneamiento básico, precisamente es por considerar las acciones mínimas que deben adoptarse en una localidad urbana o rural, para que las personas puedan vivir en un ambiente saludable (Castro & Perez, 2009, p. 66).

2.2.2. Biodigestores autolimpiables o tanques sépticos mejorados

Son equipos de tratamiento primario de aguas negras y grises, que luego se descargan en el suelo (a través de un pozo de absorción o infiltración) o en un sistema de drenaje. Cuenta con un sistema de autolimpieza que permite la eliminación de lodo sin la necesidad de equipos adicionales. Incorpora un filtro anaerobio interno que mejora la eficacia del tratamiento del agua, y no necesita electricidad ni productos químicos para su funcionamiento. Está construido de una sola pieza de polietileno de alta densidad (HDPE) (Rotoplas, 2020, p. 6).

Según la resolución ministerial N° 192-2018-VIVIENDA, proporcionado por parte del MVCS (2018), el tanque séptico mejorado (biodigestor) debe estar fabricado en material prefabricado y diseñado bajo la norma IS. 020 para tanque séptico, cuya función principal es separar los líquidos y los sólidos de las aguas residuales; de esta manera se permite el tratamiento primario de las aguas residuales para su posterior eliminación por infiltración en el suelo o su aprovechamiento siempre y cuando el efluente sea nuevamente tratado mediante un poso de infiltración o humedal (p. 169).

Para lograr este tipo de tratamiento, dicho componente debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Diseñado bajo la norma IS. 020 Tanque Séptico, el cual debe quedar demostrado vía reconocimiento del ente rector.
- De material prefabricado
- El diseño debe permitir la estanqueidad del dispositivo.
- El flujo debe ser vertical de flujo ascendente
- Debe permitir el ingreso de las aguas residuales provenientes de los servicios higiénicos instalados y la salida sólo de la parte líquida de las aguas residuales.
- Alcanzar un nivel de remoción de coliformes fecales de un 90% como mínimo, quedando demostrado a través de los resultados emitidos por un laboratorio acreditado por INACAL.
- Incluir un sistema de tuberías interno que permita el Ingreso y salida de líquidos.

- Incluir un material filtrante antes de la salida del efluente con un material que otorgue como mínimo 400 m²/m³ de superficie específica de contacto para la adherencia de una capa microbiana.
- Incluir un sistema de purga de lodos con control manual.
- Incluir una tapa de cierre hermético.
- Incluir un sistema que permita el desatoro en caso exista un uso inapropiado por parte de los usuarios.
- Espacio de acumulación de sólidos para su posterior digestión.
- Diseño que permita una adecuada purga de lodos del fondo del dispositivo.

Los biodigestores operan mediante digestión anaerobia, proceso biológico que ocurre en ausencia de oxígeno donde la materia orgánica se descompone en cuatro etapas: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis (Unda Opazo, 1969). La reacción global simplificada es: Materia Orgánica → CH₄ + CO₂ + H₂O + biomasa microbiana.

Criterios de dimensionamiento

Tiempo de Retención Hidráulica

$$TRH = V/Q$$

Para biodigestores domiciliarios: TRH = 1.5 - 3.0 días (Metcalf & Eddy, 2003).

Carga Orgánica Volumétrica

$$COV = Q \times DBO_5/V$$

Valores recomendados: 0.3 - 0.6 kg DBO₅/m³·día para mantener estabilidad del proceso (Unda Opazo, 1969).

Volumen de Lodos

$$V_{\text{lodos}} = N \times L_p \times t \times f_d$$

Donde: N = usuarios, L_p = producción de lodos/persona·año (0.03-0.05 m³), t = periodo entre purgas, f_d = factor de digestión (0.5-0.7).

Principios de remoción de contaminantes

Remoción de materia orgánica. La eliminación de DBO₅ y DQO se fundamenta en la conversión biológica anaerobia de compuestos orgánicos complejos en metano y dióxido de carbono (Metcalf & Eddy, 2003). La cinética del proceso sigue el modelo de crecimiento microbiano de Monod:

$$\mu = \mu_{\text{max}} \times S / (K_s + S)$$

Donde:

μ = velocidad específica de crecimiento (d⁻¹)

S = concentración de sustrato (mg/L)

K_s = constante de saturación (mg/L).

Remoción de sólidos suspendidos. Los sólidos se remueven por sedimentación gravitacional siguiendo la Ley de Stokes (Unda Opazo, 1969):

$$v = (\rho_p - \rho_f) \times g \times d^2 / (18 \times \mu)$$

Donde:

v = velocidad de sedimentación (m/s)

ρ_p = densidad de partícula (kg/m³)

d = diámetro de partícula (m), μ = viscosidad del fluido (Pa·s).

Remoción de patógenos. La eliminación de coliformes fecales ($\geq 90\%$ según RM N° 192-2018-VIVIENDA) se logra por: tiempo de retención prolongado, condiciones anaerobias adversas para patógenos aerobios, y producción de ácidos que reducen el pH (MVCS, 2018).

Operaciones unitarias

Sedimentación Primaria. Ocurre en la zona inferior donde partículas densas se depositan formando lodos que se digieren anaeróbicamente (Unda Opazo, 1969).

Filtración Biológica. El medio filtrante debe proporcionar $\geq 400 \text{ m}^2/\text{m}^3$ de superficie específica (MVCS, 2018) para desarrollo de biopelículas. La filtración sigue la ecuación de Darcy:

$$Q = k \times A \times (\Delta h/L)$$

Digestión Anaerobia. La utilización de sustrato sigue: $dS/dt = -k \times X \times S/(K_s + S)$, donde k = velocidad específica de utilización, X = concentración de biomasa, S = concentración de sustrato (mg/L) y K_s = constante de saturación (mg/L), es decir, la concentración de sustrato a la cual la velocidad de utilización es la mitad de la máxima (Metcalf & Eddy, 2003).

Parámetros de Diseño

Configuración Hidráulica

- Flujo vertical ascendente
- Relación altura/diámetro: 1.5 - 2.5
- Profundidad útil mínima: 1.20 m
- Diámetro tuberías: $\geq 100 \text{ mm}$

Condiciones Operacionales

- pH: 6.8 - 7.2
- Temperatura: 25 - 35°C (mesofílico)
- Potencial redox: $< -200 \text{ mV}$
- Alcalinidad: 2000 - 4000 mg CaCO_3/L

Pozos de absorción

Los pozos de absorción constituyen el sistema de tratamiento secundario y disposición final del efluente proveniente del biodigestor, funcionando como unidades de infiltración que permiten la descarga controlada del agua tratada al suelo. El pozo de absorción debe tener de 1.5 a 4 m de profundidad; como regla general, nunca debe estar a menos de 2 metros de la capa freática y a una distancia segura de las fuentes de agua (30 m) (SSWM, 2024).

EL principio de funcionamiento. El agua cruda es canalizada a una fosa séptica, tras lo cual, se infiltra en el suelo (Romero et al., 2009). La infiltración en pozos de absorción funciona como un proceso de tratamiento terciario donde ocurren mecanismos físicos, químicos y biológicos que contribuyen a la purificación final del efluente. Los pozos de absorción operan mediante la percolación del efluente a través del medio poroso del suelo, donde se desarrollan biopelículas microbianas que contribuyen significativamente a la remoción de contaminantes residuales. La matriz del suelo actúa como un biorreactor natural donde los microorganismos adheridos realizan procesos de biodegradación aerobia y anaerobia según las condiciones de oxigenación del medio.

Criterios técnicos de diseño. La configuración del pozo de absorción debe considerar las características geológicas del sitio, especialmente la presencia de materiales que favorezcan la infiltración. La presencia de rocas ígneas extrusivas provoca procesos de infiltración, a través de los materiales geológicos que están presentes TASA Percolación (Díaz et al., 2012). El diseño hidráulico debe garantizar una distribución uniforme del efluente y evitar la saturación del sistema. La capacidad de infiltración del suelo determina las dimensiones necesarias del

sistema, las cuales deben evaluarse mediante ensayos de percolación específicos para cada sitio.

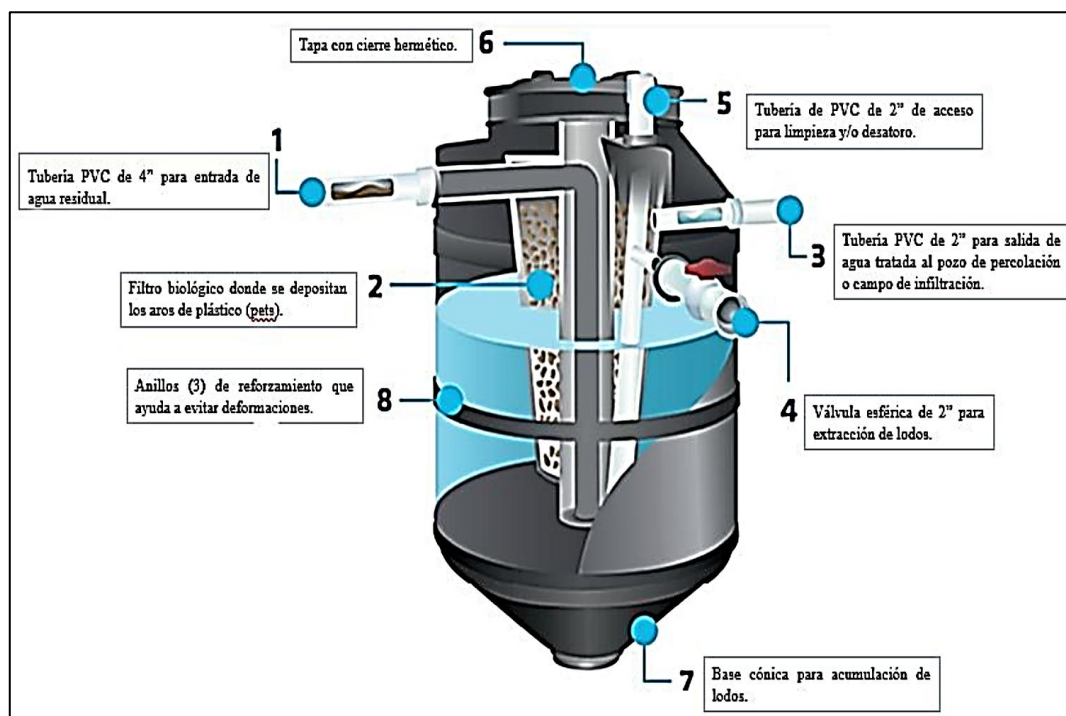
Los pozos de absorción requieren una evaluación rigurosa de la conductividad hidráulica saturada del suelo para garantizar su funcionamiento óptimo a largo plazo. La infiltración tiende a aproximarse asintóticamente a la conductividad hidráulica saturada (la tasa máxima de transmisión de agua del suelo) después de largos períodos de infiltración, aunque el aire atrapado en el suelo nunca resulta en un flujo perfectamente saturado en la zona vadosa, la tasa de infiltración debe determinarse mediante ensayos de campo específicos, considerando que la tasa de infiltración varía tanto espacial como temporalmente como resultado de depender de múltiples propiedades del suelo, como textura, compactación y presencia de vegetación (Minnesota Stormwater Manual, 2023).

Procesos de purificación en el suelo. Otra función del agua que se infiltra al acuífero, es que minimiza los escurrimientos superficiales y, eventualmente reduce la probabilidad de desbordamiento de los cauces de los ríos y arroyos (Díaz et al., 2012). Durante la percolación, el efluente experimenta procesos adicionales de purificación que incluyen filtración física, adsorción química y degradación biológica por microorganismos presentes en el suelo.

La combinación del biodigestor con el pozo de absorción representa una solución tecnológica integral para el saneamiento descentralizado. El tratamiento de las aguas residuales es una cuestión prioritaria a nivel mundial, ya que es importante disponer de agua de calidad y en cantidad suficiente, lo que permitirá una mejora del ambiente, la salud y la calidad de vida (Romero et al., 2009).

Figura 1

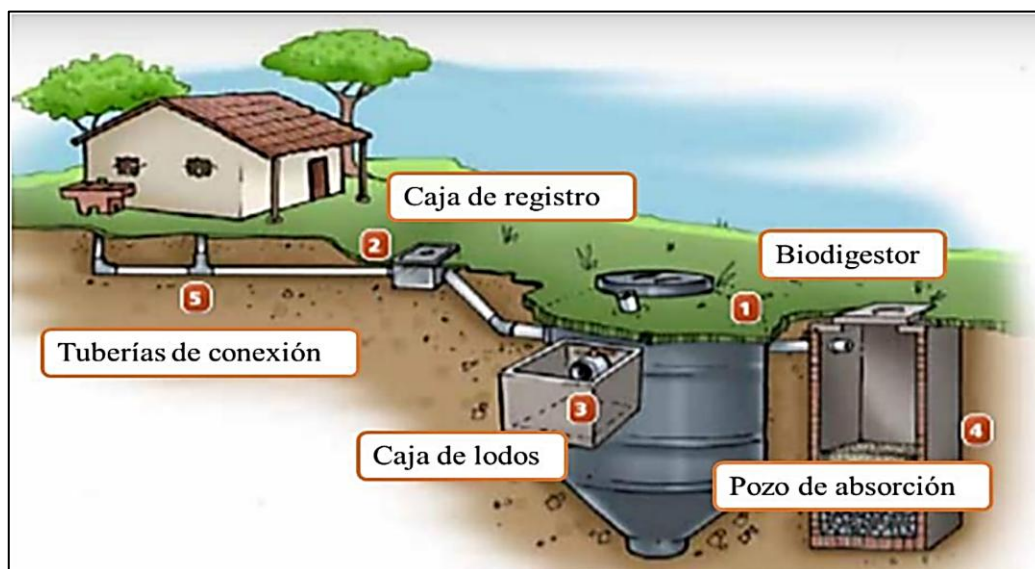
Componentes del biodigestor autolimpiable o tanque séptico mejorado



Fuente: (Rotoplas, 2020).

Figura 2

Componentes de la instalación del biodigestor en la zona rural

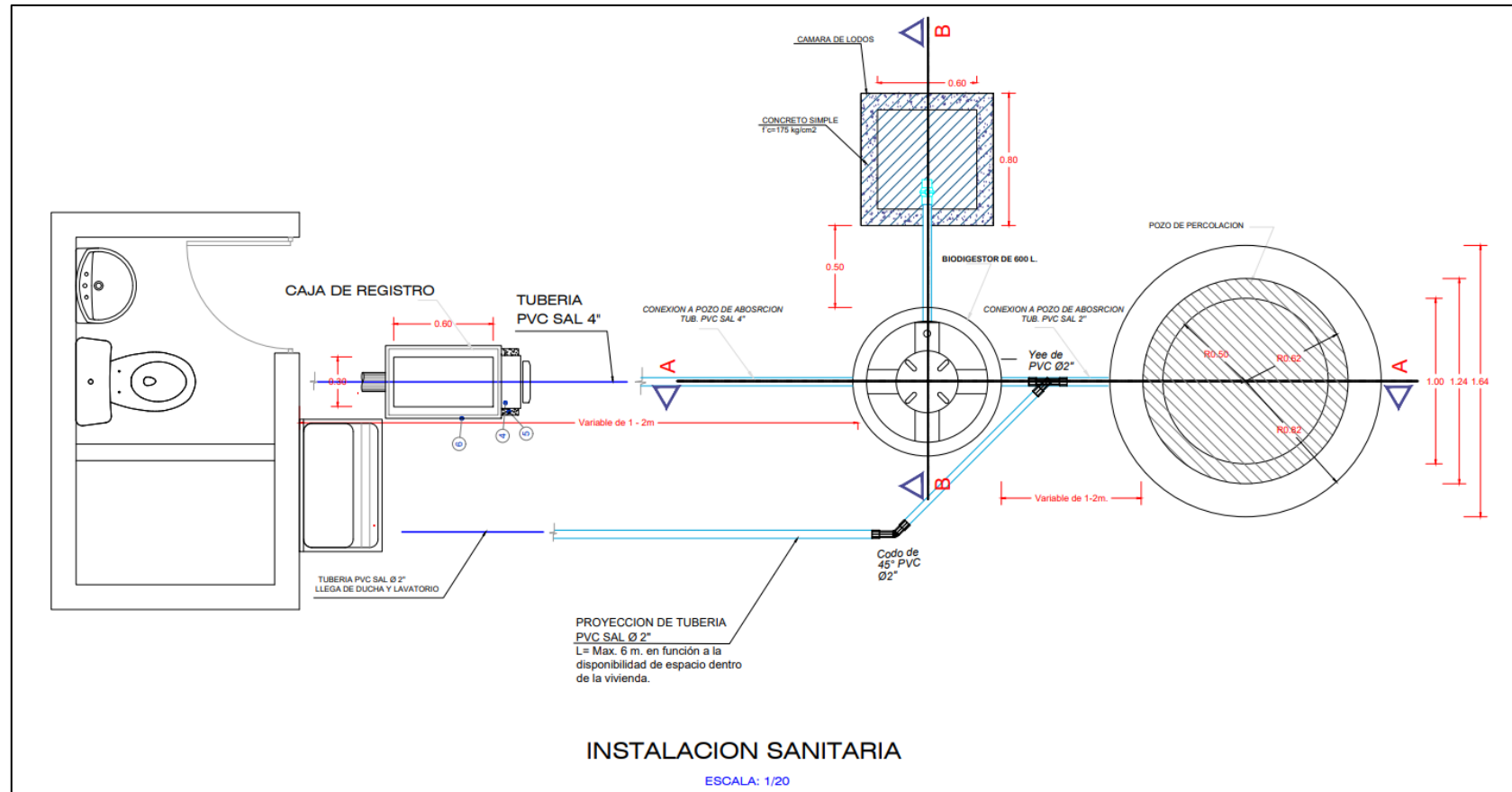


Fuente: (Global Nature Fund, 2017).

2.2.3. Unidades básicas de saneamiento instaladas en el caserío El Limón

Figura 3

Unidad básica de saneamiento instalada en el caserío El Limón



La unidad básica de saneamiento (UBS) es una infraestructura sanitaria con un sistema de tratamiento de aguas residuales, diseñada para zonas sin redes de captación. Incluye un baño completo y un biodigestor para el tratamiento y disposición final de aguas residuales (MVCS, 2018).

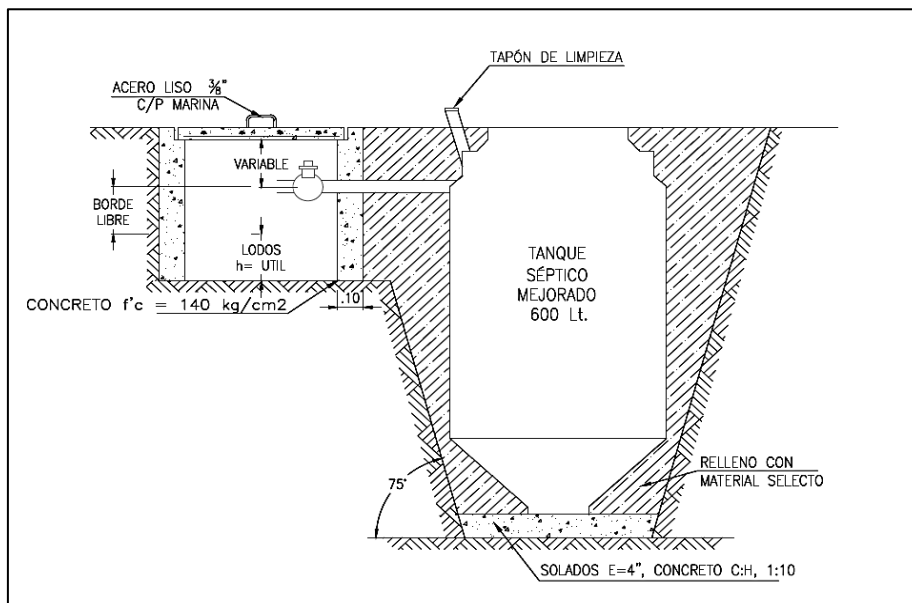
Según el expediente técnico de Municipalidad distrital del Utco (2020), de las 658 unidades básicas de saneamiento que se instalaron para 2,270 habitantes, distribuidas en 644 viviendas habitadas y 14 instituciones públicas, en las ocho localidades; en el caserío El Limón se instalaron 289 unidades básicas de saneamiento de las cuales 68 están en el sector El Tambo, las cuales en todo el proyecto son denominadas caseta de UBS tipo I – para viviendas, las cuales consiste en la construcción de casetas de albañilería debidamente implementadas con aparatos sanitarios como ducha e inodoro, como parte del mejoramiento del servicio de abastecimiento de agua potable y saneamiento rural.

La descripción para cada componente de las unidades básicas de saneamiento instaladas en el caserío El Limón, detalladas en el expediente técnico se muestra a continuación:

El tanque séptico mejorado (biodigestor), es un sistema esencial para el tratamiento primario de aguas residuales domésticas mediante sedimentación y degradación anaeróbica. Instalado a 2,60 m de la UBS y conectado con tubería de PVC de 4", recibe las excretas, separa la fracción sólida acumulada como lodo en la caja de lodos y conduce la fracción líquida hacia pozos de absorción. Prefabricado en polietileno de alta densidad, con capacidad de 600 L, se coloca en una excavación de 1,60 m de profundidad, rodeada de material granular, lo que asegura estabilidad estructural e infiltración, cumpliendo la Norma IS.020 y con la tapa al nivel del piso terminado para evitar esfuerzos de compresión.

Figura 4

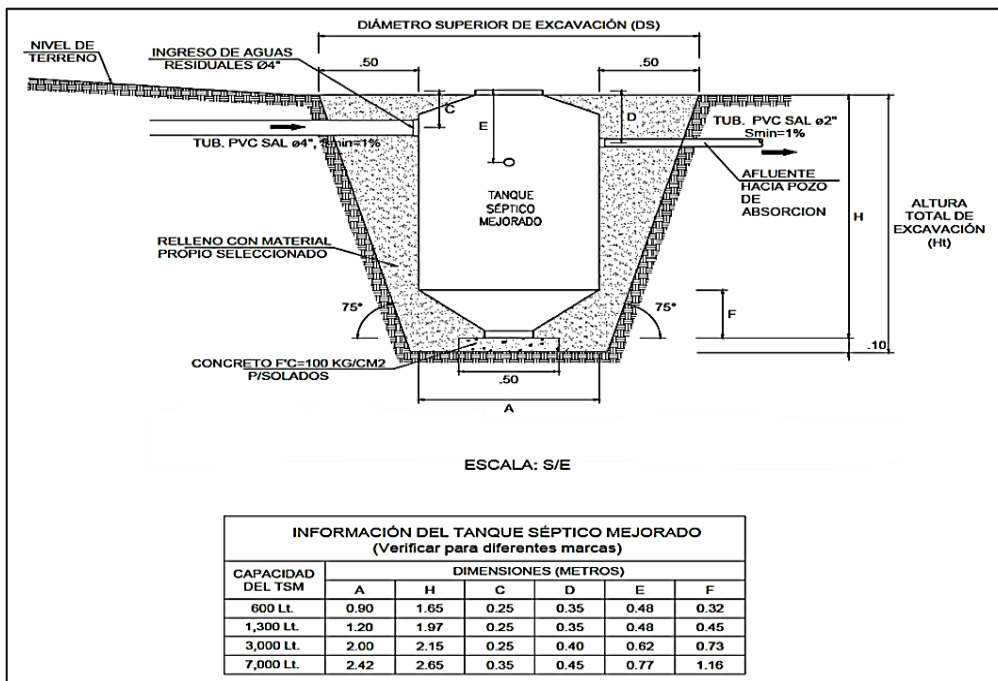
Detalle del tanque séptico mejorado (biodigestor)



Fuente: (Municipalidad distrital del Utco, 2020, p. 552).

Figura 5

Detalle de dimensiones para el tanque séptico mejorado (biodigestor)



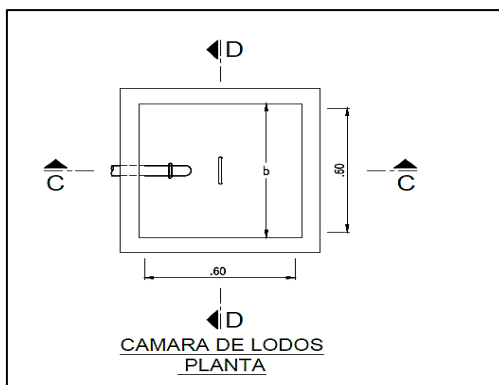
INFORMACIÓN DEL TANQUE SÉPTICO MEJORADO (Verificar para diferentes marcas)						
CAPACIDAD DEL TSM	DIMENSIONES (METROS)					
	A	H	C	D	E	F
600 Lt.	0.90	1.65	0.25	0.35	0.48	0.32
1,300 Lt.	1.20	1.97	0.25	0.35	0.48	0.45
3,000 Lt.	2.00	2.15	0.25	0.40	0.62	0.73
7,000 Lt.	2.42	2.65	0.35	0.45	0.77	1.16

Fuente: (Municipalidad distrital del Utco, 2020, p. 552).

Caja de recepción de lodos. Complemento del tanque biodigestor mejorado, recolecta los lodos, a 0.80 metros a la derecha del biodigestor y mide 0.60 metros de ancho y largo, con una tubería de 2” para extraer los lodos.

Figura 6

Detalle de la cámara de lodos

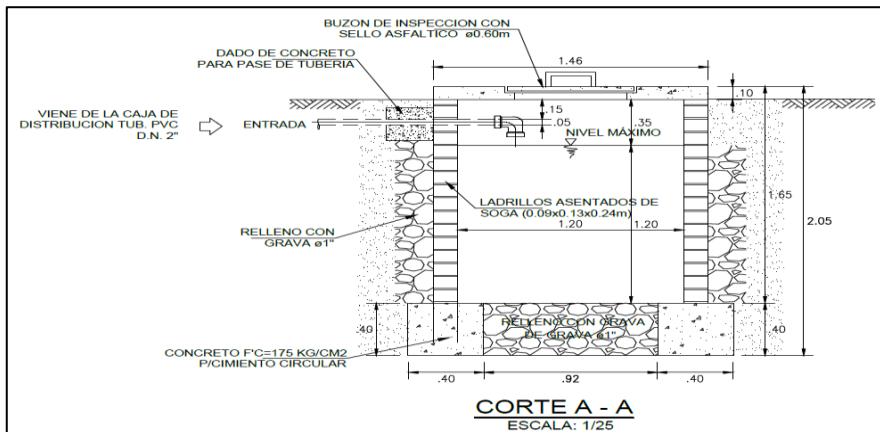


Fuente: (Municipalidad distrital del Utco, 2020, p. 533)

El pozo de absorción. Recolecta aguas servidas del biodigestor mediante una tubería de 2” a 2.40 metros de distancia, construido con una base de grava de 0.40 m de altura, un muro circular de ladrillo King Kong con juntas verticales vacías, relleno exterior de grava de 20 cm de espesor y tapa de concreto.

Figura 7

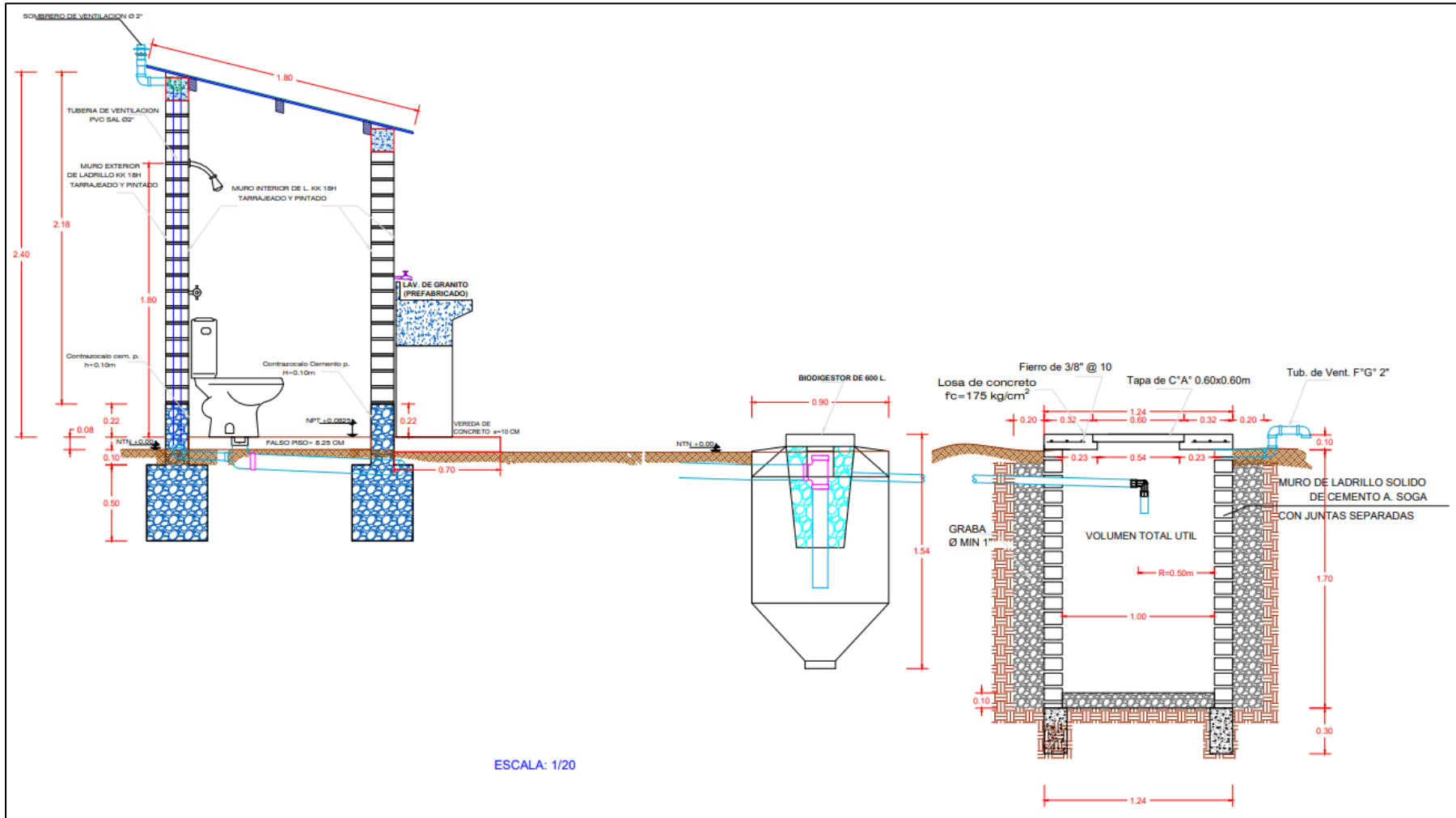
Detalle del pozo de absorción



Fuente: (Municipalidad distrital del Utco, 2020, p. 533)

Figura 8

Vista lateral de la unidad básica de saneamiento instalada en el caserío El Limón



Fuente: (Municipalidad distrital del Utco, 2020, p. 552)

2.2.4. Operación y funcionamiento de las unidades básicas de saneamiento en el caserío El Limón – El Tambo

En el sistema de tratamiento evaluado, se establece una separación funcional entre las aguas residuales grises y las aguas negras provenientes del inodoro, a fin de optimizar el proceso de tratamiento de cada tipo de efluente. Las aguas grises son aquellas generadas por actividades domésticas como el lavado de ropa, el aseo personal, el lavado de utensilios y el uso de lavamanos dentro de la Unidad Básica de Saneamiento. Estas aguas, si bien presentan menor carga contaminante en comparación con las aguas del inodoro, contienen residuos orgánicos, detergentes y sólidos en suspensión (Nuñez et al., 2014, p. 341). Su tratamiento se realiza mediante un pozo de absorción, el cual actúa como un sistema de filtración pasiva capaz de retener y degradar parte de los contaminantes presentes, favoreciendo así su infiltración segura en el subsuelo

Por otro lado, las aguas provenientes del inodoro contienen una carga orgánica más elevada, materia fecal y una mayor concentración de patógenos. Este tipo de efluente es conducido hacia el biodigestor, un sistema de tratamiento anaerobio que utiliza bacterias para descomponer la materia orgánica presente. Durante este proceso biológico, las bacterias transforman los residuos en gases como el metano y el dióxido de carbono, al tiempo que reducen significativamente la carga contaminante del agua. Esta etapa resulta fundamental para disminuir los riesgos sanitarios asociados y permitir una disposición final más segura del efluente tratado

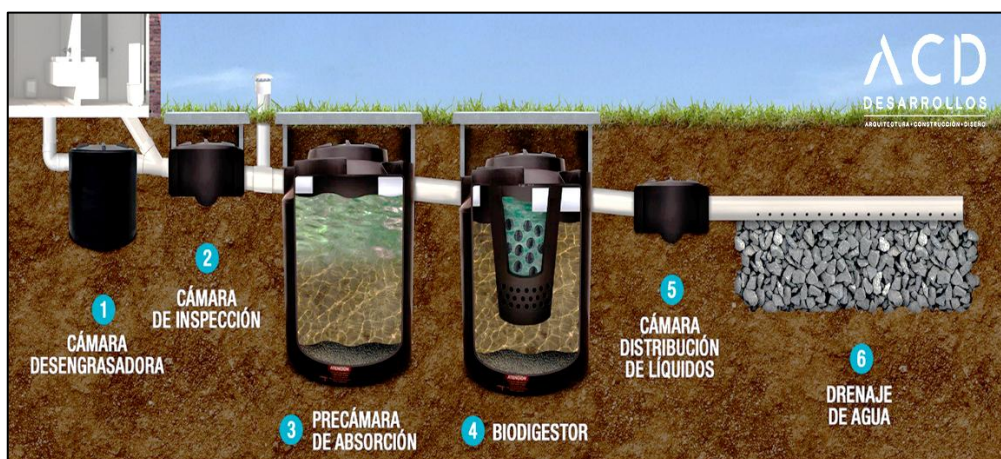
2.2.5. Funcionamiento de los biodigestores

Según Global Nature Fund (2017), el biodigestor funciona de acuerdo a los siguientes pasos los mismos que se detallan en la figura 8:

- Las aguas residuales del inodoro fluyen a través de un tubo de entrada hasta la parte inferior del biodigestor.
- Los sólidos se asientan en el fondo del biodigestor, formando lodos donde ocurre la digestión anaeróbica.
- Las bacterias los descomponen en gases, lodo espeso o líquido. El lodo se hunde hasta el fondo del biodigestor y el líquido sube hasta el orificio de salida.
- Las bacterias adheridas a los anillos de plástico PET mejoran la filtración y el tratamiento al retener los sólidos ligeros que llegan a ellos.
- El agua tratada es expulsada a través del tubo de salida hacia un humedal artificial, un pozo o un campo de absorción.

Figura 9

Pasos del funcionamiento del biodigestor en el saneamiento rural



Fuente: (ACD, 2017).

2.2.6. Mantenimiento de los biodigestores autolimpiables o tanques sépticos mejorados

Según Rotoplas (2020), los biodigestores tienen solo tres pasos importantes para su adecuado mantenimiento:

- Activar la válvula de extracción para permitir que el lodo acumulado y procesado se desplace al registro de lodos. Una vez completada la purga, cierra la válvula y mantenla cerrada hasta la próxima operación de mantenimiento.
- Incorporar cal a los lodos y deja que repose para su posterior eliminación.
- Los lodos pueden ser dispuestos enterrándolos en un agujero y cubriéndolos con tierra, o enviándolos a un vertedero sanitario.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Carga orgánica

La carga orgánica, se puede definir como la cantidad de comida por unidad de biomasa que reciben diariamente los microorganismos, en términos de kg DQO/kg SSVLM.día (Orozco Jaramillo, 2016, p. 338).

2.3.2. Tanque séptico mejorado (Biodigestor)

Sistema cerrado que permite la descomposición anaeróbica de materia orgánica de las aguas residuales, entre ellos las heces humanas y otros desechos orgánicos (Rotoplas, 2020, p. 2).

2.3.3. Tiempo de detención hidráulica (TRH)

Tiempo en que permanece el sustrato en el reactor para ser metabolizado. Influye en los porcentajes de remoción del tratamiento (Orozco Jaramillo, 2014, p. 333).

2.3.4. Unidad básica de saneamiento (UBS)

Infraestructura sanitaria con un sistema de tratamiento de aguas residuales, diseñada para zonas rurales. Incluye un baño completo y un biodigestor para el tratamiento y disposición final de aguas residuales (MVCS, 2018, p. 168).

2.3.5. Pozo de absorción

Elemento final complementario al tanque séptico que recibe el efluente líquido, promoviendo su infiltración en el suelo a través de materiales filtrantes como arena, grava o piedra, lo que permite un tratamiento físico y biológico adicional antes de su disposición final al subsuelo (Pereira Lombo, 2022, p. 15).

2.3.6. Eficiencia de tratamiento

Cuantifica el grado de reducción de contaminantes en un sistema de tratamiento de aguas residuales (Huamanante et al., 2022, p. 178).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización de la Investigación

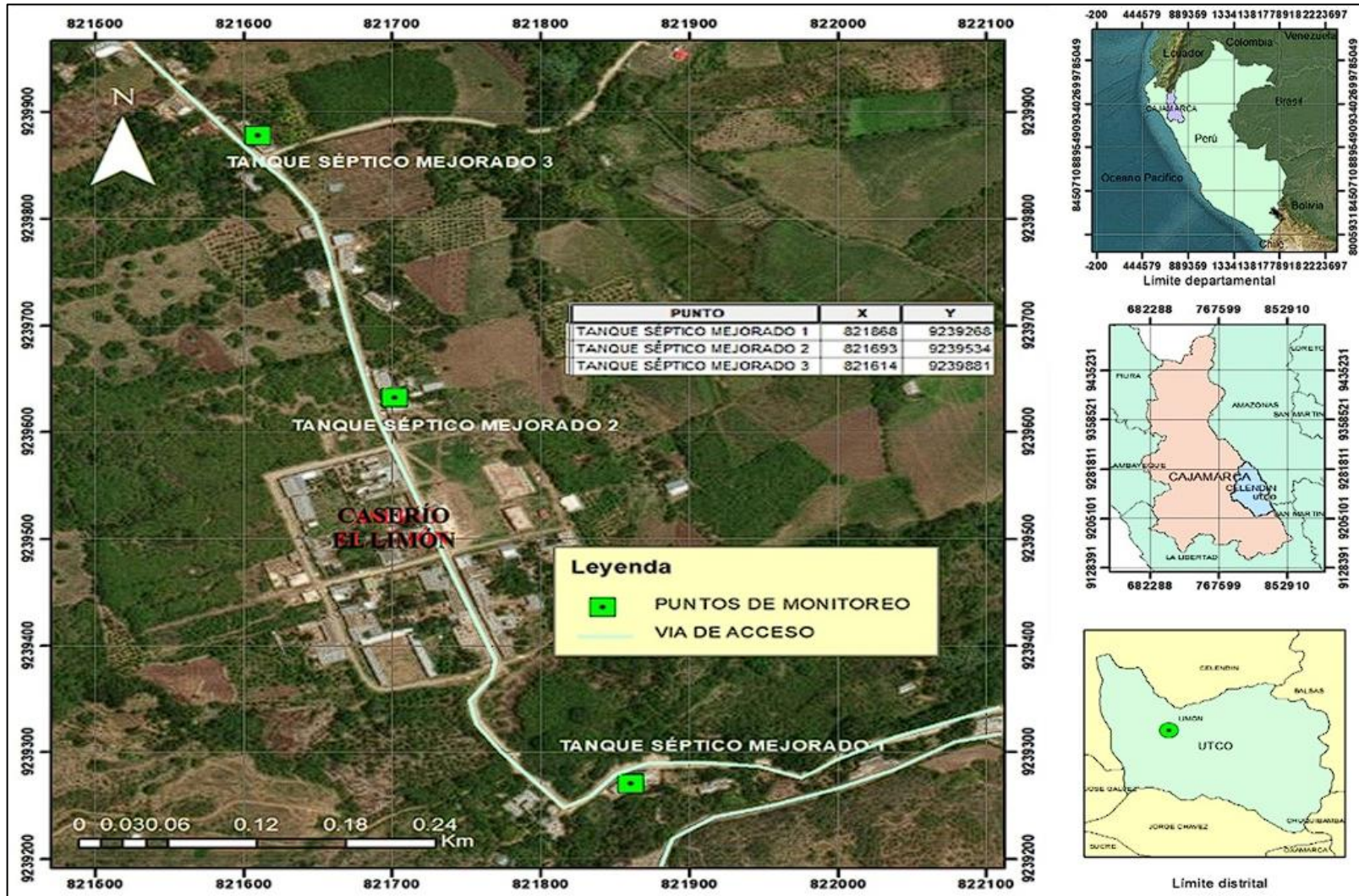
La investigación se desarrolló en el caserío El Limón, ubicado en el distrito de Utco, a 35.3 kilómetros de la ciudad capital de la provincia de Celendín, cuyas coordenadas UTM son: Este 821747.38 m; Norte 9239564.36 m, a una altitud de 2003 m s.n.m (ver figura 10).

2.2. Materiales y Equipos Experimentales

- Sensor de flujo de agua (medidor automático).
- Termómetro digital de inmersión.
- Botellas de muestreo estériles (de 500 mL y 1 L)
- Coolers o cajas térmicas.
- EPP de muestreo (bata, guantes quirúrgicos y mascarilla).
- Rotulador indeleble.
- Registro de campo.
- Cámara de celular Samsung A 71.
- GPS Garmin eTrex 10.

Figura 10

Ubicación de la investigación (caserío El Limón – Utco – Celendín



2.3. Procedimiento Metodológico

Selección de la muestra

La muestra estuvo constituida por 3 tanques sépticos (TS1, TS2 y TS3) mejorados con pozos de absorción instalados en el caserío El Limón, sector El Tambo. Los criterios de selección aplicados fueron familias con igual número de integrantes, permanencia constante de la familia en la vivienda, disponibilidad del propietario para autorizar el muestreo y correcta operación y mantenimiento.

Se establecieron 3 puntos de muestreo por cada sistema de tanque séptico mejorado: PM1 correspondiente a la entrada al biodigestor (agua residual cruda), PM2 en la salida del biodigestor (efluente primario), y PM3 en la salida del pozo de absorción (efluente secundario). El monitoreo se realizó durante 3 meses con una frecuencia de 2 muestreos por mes, totalizando 6 muestreos por cada punto de monitoreo (ver figura 10).

Definición de variables e instrumentos

Tabla 1

Indicadores, técnicas e instrumentos de medición

VARIABLE	INDICADOR	INSTRUMENTO	TÉCNICA
Calidad del agua residual.	DBO ₅	Ficha de cadena de custodia	Análisis cuantitativo mediante técnicas de laboratorio
	DQO		
	CTT		
	pH		
Condiciones de operación de los tanques sépticos mejorados con pozos de absorción	Altitud	GPS o Altímetro (ficha de observación)	Observación
	Caudal	Sensor de flujo de agua (medidor automático) Ficha de observación	Observación
	Temperatura	Termómetro Ficha de observación	Observación

Figura 11

Ubicación de los puntos de muestreo del tanque séptico mejorado con pozo de absorción instalada en el caserío El Limón - El Tambo

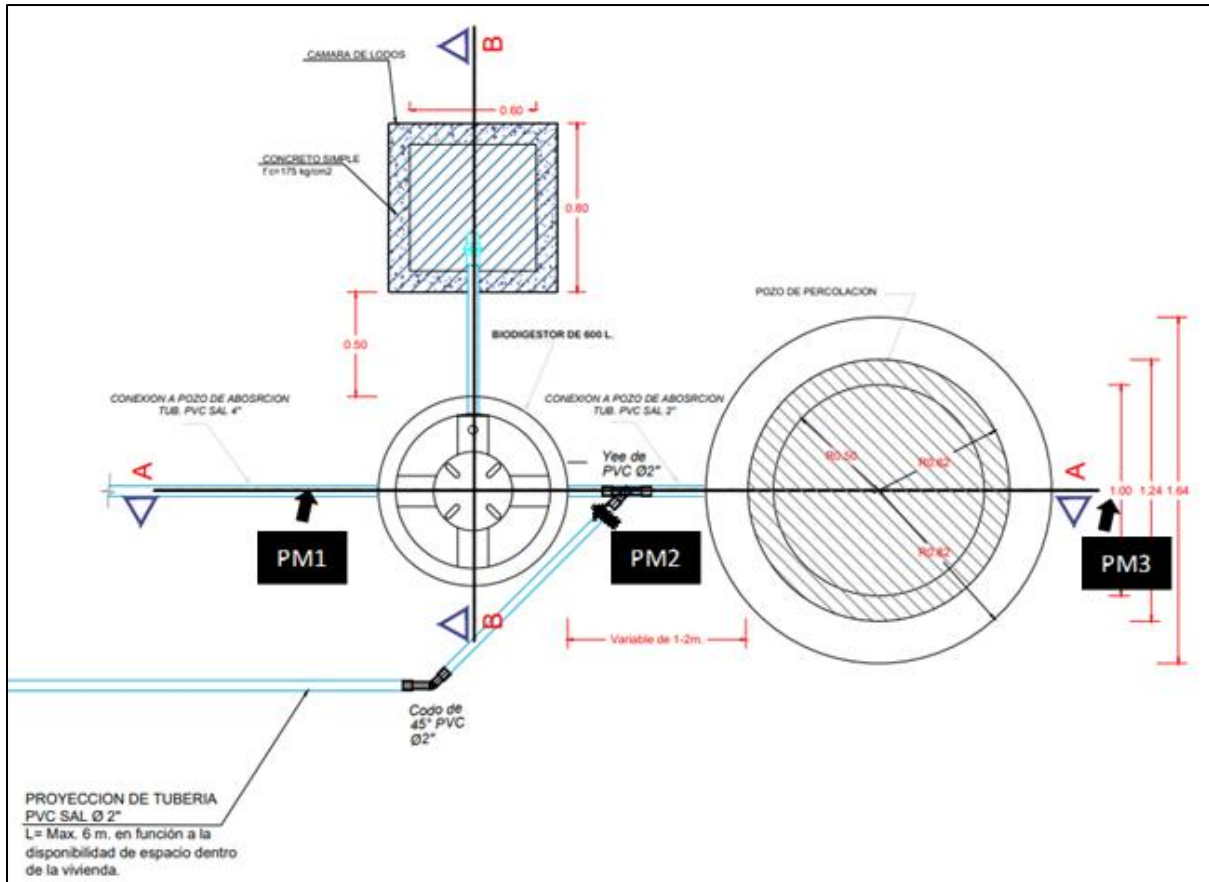


Figura 12

Vista del detalle corte A-A de la figura 11 del tanque séptico mejorado con pozo de absorción

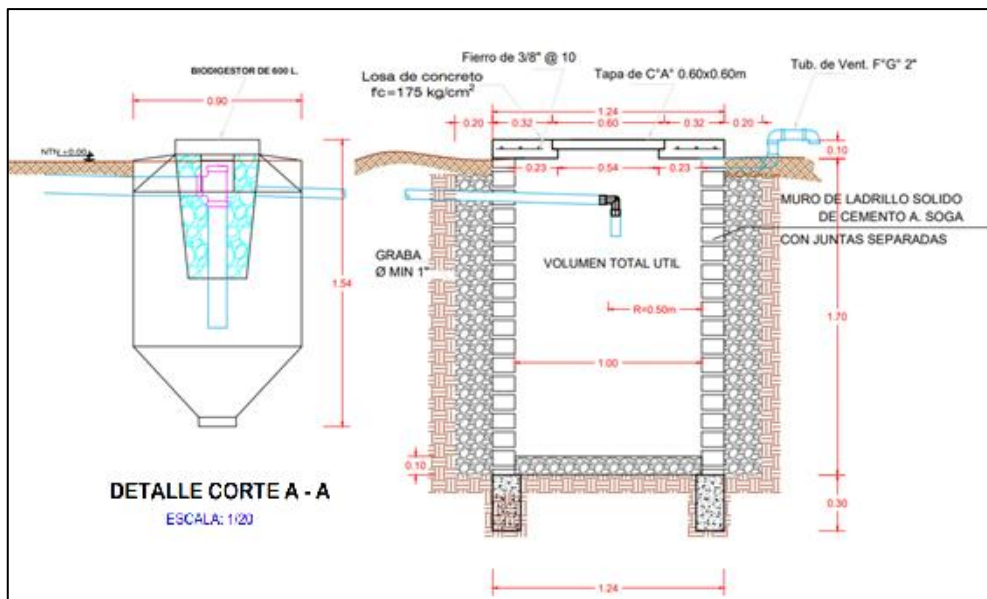
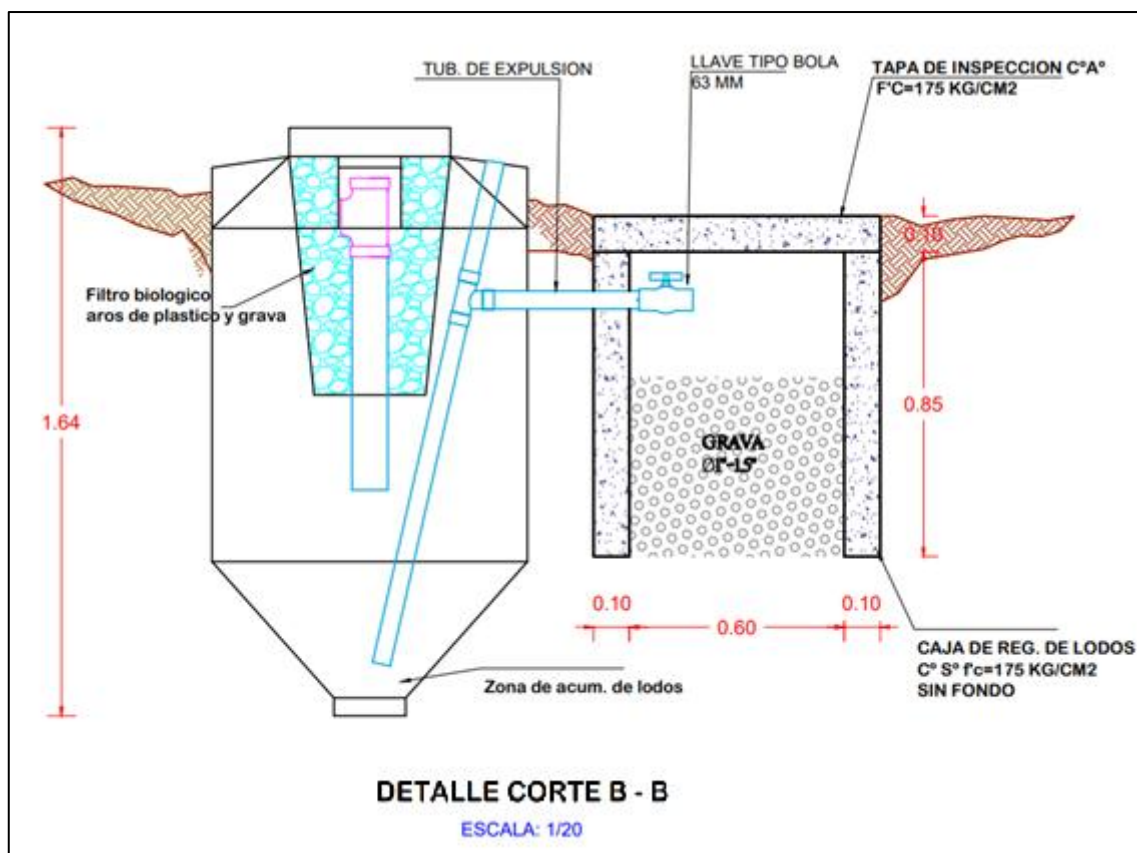


Figura 13

Vista del detalle corte B-B de la figura 11 del tanque séptico mejorado con pozo de absorción



Para la recolección de las muestras en cada punto de monitoreo se aplicaron procedimientos diferenciados de acuerdo con las características del sistema: en el PM1 (entrada al biodigestor) se tomó la muestra directamente del conducto de ingreso del agua residual doméstica, utilizando un balde limpio previamente desinfectado y trasvasando luego el contenido al envase estéril de muestreo. En el PM2 (salida del biodigestor) la muestra se recolectó en el canal de descarga del tanque séptico, permitiendo el flujo continuo por algunos segundos antes de llenar el frasco, con el fin de obtener una muestra representativa del efluente tratado. Finalmente, en el PM3 (salida del pozo de absorción), el muestreo se realizó en el punto de descarga o en el área de escurrimiento visible, recogiendo el agua percolada mediante un recipiente limpio, cuidando de evitar la inclusión de sólidos del suelo o material superficial

Programación del monitoreo

Se establecieron diferentes frecuencias de muestreo para maximizar la representatividad de los datos obtenidos.

Tabla 2

Parámetros a analizar y frecuencia de muestreo

Parámetro	Unidad	Frecuencia	Puntos de muestreo	Total, de muestras
DBO ₅	mg/L	2/mes	PM1, PM2, PM3	18
DQO	mg/L	2/mes	PM1, PM2, PM3	18
CTT	NMP/100ml	2/mes	PM1, PM2, PM3	18
pH	Und. pH	2/mes	PM1, PM2, PM3	18
Caudal	L/s	4/mes/muestreo	PM1	36
Temperatura	°C	2/mes/muestreo	PM1, PM2, PM3	18
Altitud	m s. n. m.	Una vez	Cada sistema	3

Ejecución del muestreo

Parámetros operacionales del sistema

- La caracterización de los sistemas evaluados incluyó la determinación de caudal, temperatura y altitud en cada tanque séptico mejorado con pozo de absorción. El Tanque Séptico 1 (TS1), ubicado a 2011 m s. n. m., estuvo asociado a 5 habitantes permanentes, con un caudal promedio de 0.0043 L/s. El Tanque Séptico 2 (TS2), a 2004 m s. n. m., correspondió a 4 habitantes permanentes y un caudal de 0.0020 L/s. Finalmente, el Tanque Séptico 3 (TS3), localizado a 2007 m s. n. m., atendió a 3 habitantes permanentes, con un caudal de 0.0010 L/s.
- La medición del caudal se ejecutó en horas de mayor actividad del sistema, específicamente a las 7:30 a. m. y a la 1:00 p. m., utilizando un sensor de flujo automático instalado en el punto medio del tanque séptico (PM1) y en la entrada del pozo de absorción. En cada punto de monitoreo se realizaron tres

lecturas consecutivas y posteriormente se calculó el promedio, con el fin de minimizar posibles errores instrumentales y garantizar la precisión de los resultados.

- La temperatura del agua residual se registró de manera simultánea con cada toma de muestra, introduciendo un termómetro previamente calibrado a una profundidad de 5 cm en el líquido. Se esperó un tiempo de estabilización de aproximadamente 2 minutos antes de efectuar la lectura, asegurando así la confiabilidad del valor registrado y evitando fluctuaciones por exposición ambiental. Los valores promedio obtenidos fueron de 17.23, 17.41 y 17.95 °C para TS1; 17.56, 17.69 y 17.94 °C para TS2; y 17.64, 17.84 y 18.01 °C para TS3, en los puntos PM1, PM2 y PM3 respectivamente.
- La altitud fue determinada una única vez por cada sistema evaluado, utilizando un dispositivo GPS con una precisión de ± 5 metros. Para aumentar la confiabilidad del dato, se realizaron tres lecturas consecutivas en cada punto y se calculó el promedio. Asimismo, se registraron las coordenadas geográficas exactas de cada unidad monitoreada, garantizando la trazabilidad espacial de los datos

Parámetros fisicoquímicos y biológicos

- Las muestras para DBO₅, DQO y CTT se recolectaron en botellas estériles de 1 litro, correctamente etiquetadas. Se mantuvo la cadena de frío a 4 °C \pm 2 °C utilizando cajas térmicas con acumuladores de frío, desde la recolección hasta la entrega.
- Todas las muestras fueron enviadas dentro de las 24 horas al Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca, acreditado por INACAL (N.º 1000-2019)

bajo la norma NTP-ISO/IEC 17025, cumpliendo con la cadena de custodia establecida.

- El pH, por su sensibilidad a las condiciones ambientales, fue medido inmediatamente in situ utilizando un pH-metro previamente calibrado, registrando los valores obtenidos en la ficha de campo. Adicionalmente, se recolectaron muestras en recipientes de vidrio de 250 mL para su posterior confirmación en laboratorio.

Fuentes de información utilizadas

- La investigación utilizó fuentes primarias como el muestreo directo de los sistemas de tratamiento, los análisis realizados por el laboratorio acreditado, entrevistas estructuradas a la población local y la revisión del expediente técnico de la municipalidad distrital.
- Como fuentes secundarias se consideraron estudios previos mediante análisis bibliográfico y la normativa nacional vigente, en particular el Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM. La matriz de fuentes y técnicas empleadas se presenta a continuación:

Tabla 3

Matriz de fuentes de información y técnicas de recolección

Tipo de fuente	Fuente específica	Técnica	Instrumento
Primarias	Sistemas de tratamiento	Muestreo	Frascos estériles, medidor de flujo, GPS, termómetro
	Laboratorio acreditado	Análisis fisicoquímico y microbiológico	Equipos y métodos estandarizados de laboratorio
Secundarias	Municipalidad distrital	Revisión documental	Ficha de registro documental
	Estudios previos	Análisis bibliográfico	Matriz de análisis bibliográfico
	Normativa nacional	Análisis normativo	Ficha de análisis normativo

2.4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de datos, se organizaron y sistematizaron los resultados obtenidos en campo y los reportes emitidos por el laboratorio acreditado. Para determinar la eficiencia del sistema de tratamiento, se aplicó la fórmula:

$$\text{Carga del contaminante} = C \times Q$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100$$

Donde:

C0= concentración inicial y C1= concentración final del contaminante

Posteriormente, para evaluar la posible influencia de los diferentes puntos de muestreo sobre la eficiencia del tratamiento, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía. Este análisis permitió identificar si existían diferencias estadísticamente significativas entre las eficiencias obtenidas en la entrada al biodigestor, la salida del biodigestor y la salida del pozo de absorción. El procesamiento estadístico se realizó con el apoyo del software Excel.

Tabla 4

Análisis de varianza datos

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	F. Tab.
Tratamientos	$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^k n_i (\chi_i - \bar{\chi})^2$	$K-1$ $(3-1) = 1$	$SC_{Trat} = \frac{SC_{Trat}}{k-1}$	$F = \frac{SC_{Trat}}{CM_{Error}}$	$F > F_0$
Error estándar	$SC_{Error} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} n_{ij} (\chi_i - \chi_{ij})^2$	$N-K$ $(6-3) = 34$	SC_{Trat} $= \frac{SC_{Error}}{N-k}$		
Total	$SC_{Total} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} n_{ij} (\chi_i - \chi_{ij})^2$	$N-1$ $(6-1) = 35$			

$$\text{Coeficiente de variabilidad (CV)} = \frac{\sqrt{\text{Cuadrado medio del error}}}{\text{media}} \times 100$$

Fuente: (Cervantes & Marqués, 2007, p. 6).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

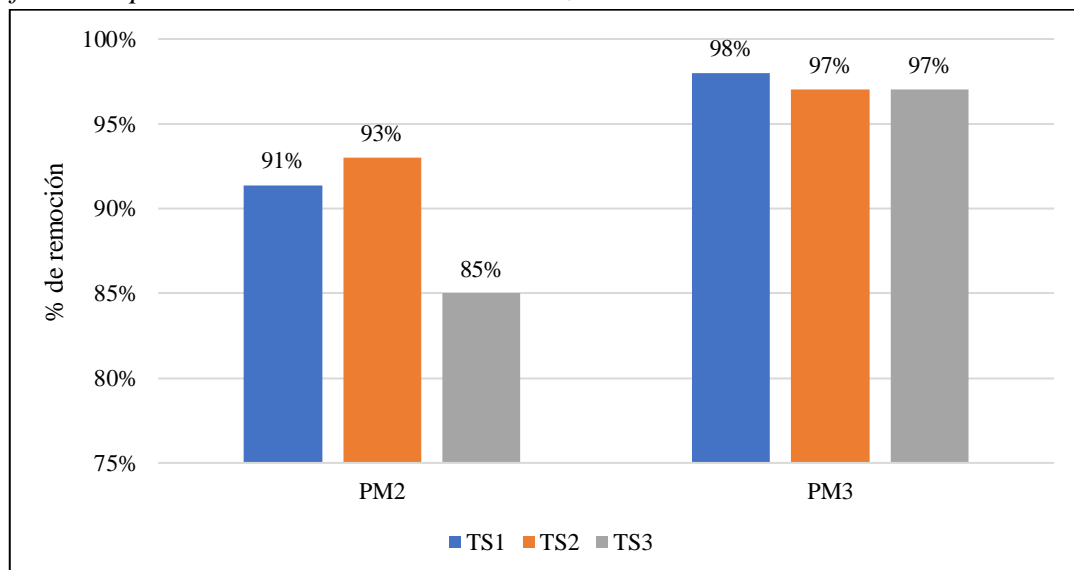
4.1. Eficiencia del tratamiento de aguas residuales según condiciones de operación de tanques sépticos mejorados con pozos de absorción

En esta sección se presentan los resultados de los parámetros fisicoquímicos y biológicos medidos en el efluente de los tanques sépticos mejorados y de pozos de absorción registrada en los tres sistemas de tratamiento.

4.1.1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)

Figura 14

Eficiencia promedio de remoción de la DBO_5



La Figura 12 muestra los valores obtenidos de la demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO_5) en los tres sistemas de tratamiento conformados por tanques sépticos mejorados con pozos de absorción. Los resultados indican concentraciones iniciales elevadas en todos los casos, con promedios de 1400.8 mg/L en TS1, 1228.8 mg/L en TS2 y 1069.4 mg/L en TS3, reflejando una alta carga orgánica de aguas residuales domésticas sin tratamiento previo. En la salida del biodigestor (PM2), se observó una reducción alta de la DBO_5 , alcanzando valores promedio de 120.8 mg/L en TS1, 82.75 mg/L en TS2 y 157.4 mg/L en TS3. Estas reducciones corresponden a eficiencias de remoción del 91%, 93% y 85% respectivamente, lo que evidencia un comportamiento eficaz del proceso anaerobio, basado en la sedimentación de sólidos y digestión de la materia orgánica por acción de bacterias anaerobias. Este comportamiento concuerda con lo descrito por Stevick et al. (2004), quienes destacan que la degradación anaerobia permite estabilizar la materia orgánica y reducir eficazmente la DBO_5 a través de la producción de metano y dióxido de carbono.

En el efluente del pozo de absorción (PM3) se observó una remoción mínima respecto al PM2, debido a que la DBO_5 remanente corresponde principalmente a fracciones de materia orgánica lentamente biodegradables. Las concentraciones promedio obtenidas fueron de 25.58 mg/L en TS1, 35.91 mg/L en TS2 y 27.4 mg/L en TS3, alcanzando eficiencias acumuladas de 98%, 97% y 97%, respectivamente. Estos resultados superan ampliamente los reportes de Ríos & Cisneros (2019) en Carapongo, Lurigancho, quienes documentaron eficiencias del 84.9% con concentraciones de entrada comprendidas entre 2199 y 3022 mg/L, atribuyendo sus limitaciones a un contacto insuficiente entre la biomasa y la carga orgánica.

De igual modo, los valores obtenidos de eficiencia exceden lo reportado por Silva Flores (2022) en el CC. PP. Yarinal, distrito de Pardo Miguel, San Martín, quien

obtuvo apenas 51.48%, así como lo reportado por Goicochea Pérez (2022) en el distrito de Sucre y caserío de Santa Rosa, Celendín, de 24.52% y 18.77% en condiciones de bajas temperaturas, factor que condiciona una disminución de la tasa metabólica microbiana y, por consiguiente, de la degradación de la materia orgánica. Incluso en comparación con Mego Torres (2023) en Cabracancha, Chota, quien alcanzó una eficiencia del 89.25% con concentraciones iniciales de 3236 mg/L, los sistemas evaluados en el presente estudio demostraron un desempeño superior y más consistente. En conjunto, estos hallazgos evidencian que los biodigestores con pozo de absorción evaluados alcanzaron eficiencias sobresalientes, robustas frente a variaciones operativas y ambientales, y notablemente superiores a las reportadas en investigaciones previas.

Tabla 5

Análisis de la varianza de las eficiencias de remoción de la DBO₅ de los T. sépticos en los puntos de muestreo

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.05238491	1	0.05238491	37.9251224	5.3692E-07	4.13001775
Dentro de los grupos	0.04696325	34	0.00138127			
Total	0.09934816	35				

CV= 4%

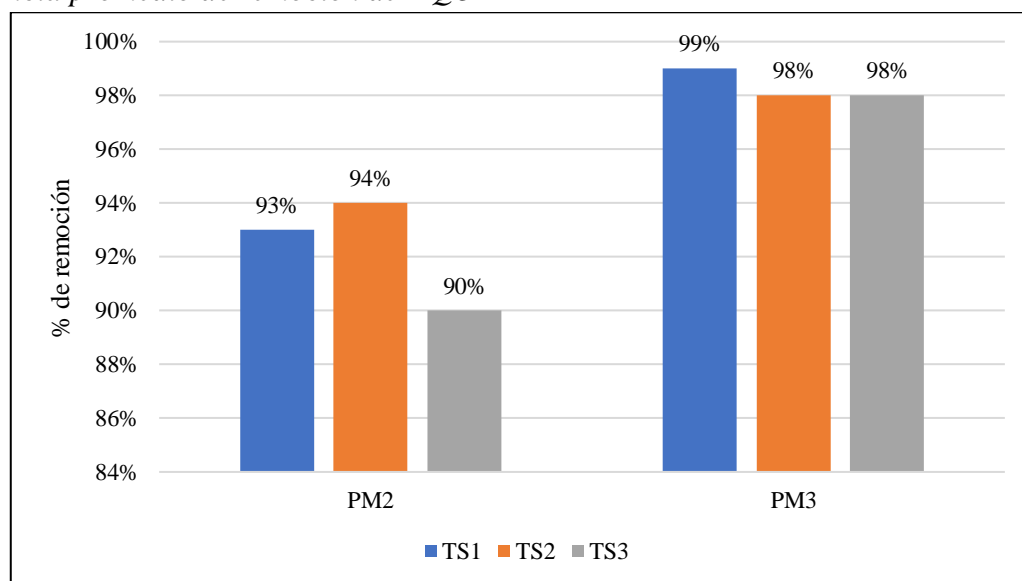
El análisis de varianza (ANOVA) evidencia que existen diferencias estadísticamente significativas entre las eficiencias de remoción de la DBO₅ en los puntos de muestreo evaluados. El valor de F calculado (37.93) es mayor que el valor crítico de F (4.13), lo que indica que la variabilidad entre grupos es significativamente superior a la variabilidad dentro de los grupos. Asimismo, el valor de $p = 5.37 \times 10^{-7}$ es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, confirmando que las diferencias observadas no se deben al azar y son estadísticamente significativas.

La suma de cuadrados entre grupos (0.05238) representa una proporción ligeramente mayor de la variabilidad total (0.09935) en comparación con la suma de cuadrados dentro de los grupos (0.04696), lo que evidencia que el factor evaluado influye en la eficiencia de remoción. Además, el coeficiente de variación ($CV = 4\%$) indica una baja dispersión de los datos respecto a la media, lo que demuestra precisión y consistencia en las mediciones realizadas.

4.1.2. Demanda química de oxígeno (DQO)

Figura 15

Eficiencia promedio de remoción de DQO



La Figura 13 muestra las eficiencias de remoción de la DQO en los tres sistemas evaluados, evidenciando que todos alcanzan valores superiores al 89% en el punto PM2 (salida del biodigestor). En este punto, las eficiencias fueron de 93% en TS1, 94% en TS2 y 90% en TS3, lo que indica que los tanques sépticos presentan un comportamiento anaerobio altamente efectivo para la degradación de la materia orgánica. Este nivel de desempeño es consistente con lo señalado por Kumari et al. (2014) en la India, quienes

destacan que en esta etapa los procesos de sedimentación y digestión microbiana son responsables de una reducción significativa de la carga orgánica. Asimismo, los resultados obtenidos en este estudio superan los reportados por Ríos & Cisneros (2019) en Carapongo, Lurigancho, a temperatura aproximada de 23-30 °C quienes registraron una eficiencia promedio de 82%, y por Cubillos & Huertas (2018) en Guacavía, a una temperatura entre 25-27°C, que alcanzaron apenas un 84.48%. Estas diferencias podrían atribuirse a factores como el diseño hidráulico de los biodigestores, el tiempo de retención y la estabilidad de las condiciones operativas, que en este caso favorecieron un rendimiento superior.

En el punto PM3, correspondiente al efluente del pozo de absorción, las eficiencias acumuladas se incrementan aún más, alcanzando valores de 99% en TS1, 98% en TS2 y 99% en TS3. Este comportamiento confirma la importancia de la etapa de tratamiento secundario en el pozo de absorción, donde mecanismos adicionales como la filtración física y la biodegradación aerobia complementan el proceso anaerobio, logrando un sistema combinado altamente eficiente. Los porcentajes alcanzados en esta etapa no solo son superiores al 97% en todos los casos, sino que también superan los valores registrados en estudios como el de Silva Flores (2022) en el el CC. PP. Yarinal, distrito de Pardo Miguel, San Martín, a una temperatura de 25°C, quien reportó una eficiencia de apenas 46%, y el de Mego Torres (2023) en Cabracancha, Chota, a temperaturas entre 16 y 17°C con una eficiencia de 88.53%, insuficiente para cumplir los valores normativos. De este modo, los resultados aquí obtenidos evidencian que la integración de procesos anaerobios y aerobios en condiciones operativas estables permite alcanzar eficiencias de remoción significativamente superiores a las reportadas en la literatura, consolidando este sistema como una alternativa confiable y sostenible para el tratamiento de aguas residuales en zonas rurales.

Tabla 6

Análisis de la varianza de las eficiencias de remoción de la DQO de los T. sépticos en los puntos de muestreo

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.04025326	1	0.04025326	21.4606879	5.1183E-05	4.13001775
Dentro de los grupos	0.06377292	34	0.00187567			
Total	0.10402618	35				

CV= 5%

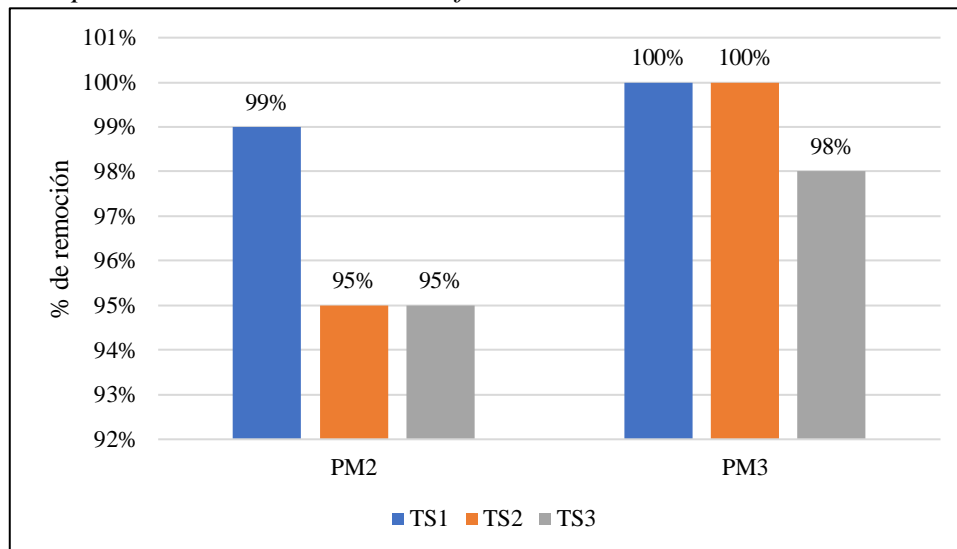
El análisis de varianza (ANOVA) muestra que existen diferencias estadísticamente significativas entre las eficiencias de remoción de la DQO en los puntos de muestreo evaluados. El valor de F calculado (21.46) es mayor que el valor crítico de F (4.13), lo que indica que la variabilidad entre grupos supera significativamente a la variabilidad dentro de los grupos. Asimismo, el valor de $p = 5.12 \times 10^{-5}$ es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$, confirmando que las diferencias observadas no se deben al azar y son estadísticamente significativas.

La suma de cuadrados entre grupos (0.04025) representa una proporción importante de la variabilidad total (0.10403), mientras que la suma de cuadrados dentro de los grupos (0.06377) refleja la variabilidad interna de las mediciones. Esto evidencia que el factor evaluado influye en la eficiencia de remoción de la DQO. Además, el coeficiente de variación (CV = 5%) indica baja dispersión relativa de los datos respecto a la media, lo que demuestra consistencia y confiabilidad en los resultados obtenidos.

4.1.3. *Coliformes termotolerantes (CTT)*

Figura 16

Eficiencia promedio de remoción de coliformes termotolerantes



La figura 14 muestra las eficiencias de remoción de coliformes termotolerantes en los tres tanques sépticos evaluados. En PM2, correspondiente a la salida del biodigestor, se alcanzaron eficiencias de 99% en TS1, 95% en TS2 y 95% en TS3. Estas eficiencias intermedias son coherentes con lo que se espera en la fase anaerobia, donde los procesos predominantes son la sedimentación de sólidos fecales, la digestión microbiana de la materia orgánica y la formación de biopelículas en las paredes internas, que reducen parcialmente la carga bacteriana (Stevick et al., 2004).

En PM3 se alcanzaron las mayores eficiencias, con remociones acumuladas de 100% en TS1, 100% en TS2 y 98.12% en TS3. La diferencia entre PM2 y PM3 se debe a que, en los pozos de absorción, además de la retención física de microorganismos, ocurren procesos complementarios: la filtración en el suelo, la adsorción de bacterias en partículas minerales y materia orgánica, la acción de biopelículas microbianas en los poros del suelo y la formación de la capa biológica o *schmutzdecke*, que actúa como un filtro biológico natural capaz de atrapar y eliminar coliformes (Harrison et al., 2000).

Estos mecanismos explican por qué el salto en eficiencia es mayor al pasar del biodigestor (PM2) al pozo de absorción (PM3).

Al comparar con estudios previos, los resultados de El Limón son consistentes con lo reportado en la literatura. Silva et al. (2019) en el estado de Minas Gerais-Brasil alcanzó hasta 99.9% de remoción en sistemas optimizados, lo que coincide con los valores registrados en TS1 y TS2 en PM3. Ríos & Cisneros (2019) en Carapongo, Lurigancho, reportaron eficiencias de 97.3%, inferiores a las observadas en esta investigación, lo que evidencia que la inclusión del pozo de absorción potencia la eficiencia del sistema. En contraste, Silva Flores (2022) en el el CC. PP. Yarinal, distrito de Pardo Miguel, San Martín, obtuvo una eficiencia de apenas 87%, lo cual muestra que, en ausencia de una segunda etapa como la infiltración en el suelo, los sistemas pueden presentar rendimientos más bajos.

En síntesis, la diferencia observada entre las eficiencias de PM2 y PM3 se explica por la acción conjunta de procesos de filtración, adsorción y biocapas en los pozos de absorción, tal como lo describen Harrison et al. (2000). Esto respalda que la combinación tanque séptico + pozo de absorción ofrece una mayor efectividad en la remoción de coliformes termotolerantes en comparación con sistemas sépticos convencionales, lo cual concuerda con los resultados reportados por Silva et al. (2019) y supera los de Ríos & Cisneros (2019) y Silva Flores (2022).

Tabla 7

Análisis de la varianza de las eficiencias de remoción de coliformes termotolerantes de los T. sépticos en los puntos de muestreo

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.03457062	1	0.03457062	7.14622367	0.01145663	4.13001775
Dentro de los grupos	0.16447864	34	0.00483761			
Total	0.19904926	35				

CV= 7%

La Tabla 7 presenta el análisis de varianza (ANOVA) aplicado a las eficiencias de remoción de coliformes termotolerantes en los puntos de muestreo evaluados. El valor de F calculado (7.15) es mayor que el valor crítico de F (4.13), y la probabilidad asociada ($p = 0.0115$) es menor que el nivel de significancia $\alpha = 0.05$. Estos resultados indican que existen diferencias estadísticamente significativas entre las eficiencias de remoción, evidenciando que el punto de muestreo influye en el desempeño del sistema.

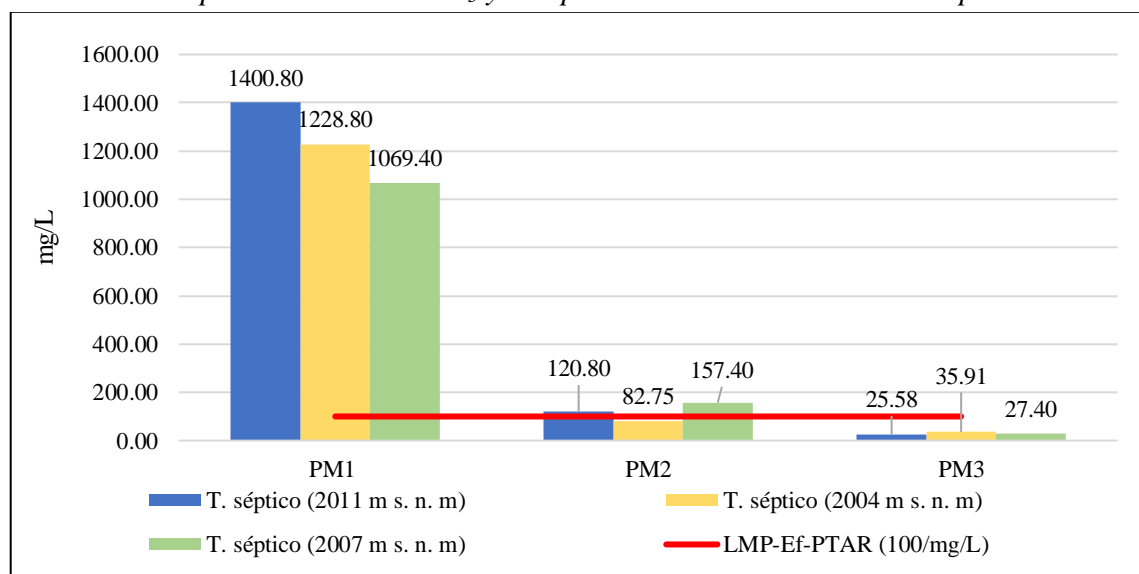
La suma de cuadrados entre grupos (0.03457) representa la variabilidad atribuible al efecto del punto de evaluación, mientras que la suma de cuadrados dentro de los grupos (0.16448) corresponde a la variabilidad interna de las mediciones. Aunque esta última es mayor, el análisis confirma la influencia significativa del factor evaluado. Además, el coeficiente de variación ($CV = 7\%$) indica una baja dispersión relativa de los datos respecto a la media, lo que demuestra consistencia y confiabilidad.

4.2. Parámetros fisicoquímicos y biológicos con y sin tratamiento, comparados con el D.S. N.º 003-2010-MINAM

4.2.1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)

Figura 17

Concentración promedio de la DBO_5 y comparación con el límite máximo permisible



En la Figura 15 se aprecia que los tres tanques sépticos presentan una eficiente reducción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), cumpliendo ampliamente con el LMP de 100 mg/L establecido en el D.S. N.º 003-2010-MINAM. Las concentraciones iniciales del afluente (PM1) superaban los 1000 mg/L, evidenciando una carga orgánica considerable; sin embargo, en el punto final (PM3) los valores se redujeron drásticamente a 25.58 mg/L en el TS1, 35.91 mg/L en el TS2 y 27.4 mg/L en el TS3. Este notable descenso confirma la alta capacidad del sistema para remover materia orgánica biodegradable, garantizando la calidad del efluente tratado antes de su disposición final.

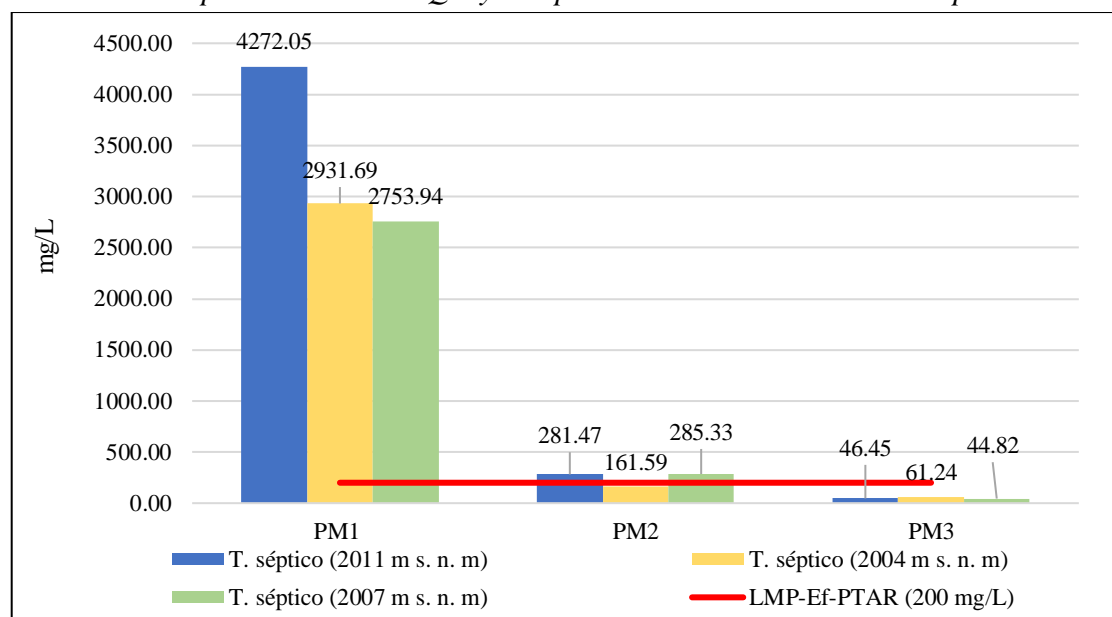
Comparando con otros estudios, el desempeño de los sistemas evaluados resulta particularmente sobresaliente. Mego Torres (2023), en su investigación en Cabracancha, Chota, reportó una eficiencia de remoción del 89.25% partiendo de una carga inicial de 3236 mg/L de DBO₅, sin alcanzar valores inferiores al límite permitido. En contraste, los resultados del presente estudio demuestran que la integración de biodigestores con pozos de absorción no solo incrementa la eficiencia de remoción de DBO₅, sino que también asegura un cumplimiento sostenido de la normativa ambiental. Esta evidencia posiciona al sistema como una alternativa tecnológica idónea para comunidades rurales.

La disminución significativa de la DBO₅ representa un avance importante en la eficiencia del tratamiento y una contribución directa a la protección de los ecosistemas receptores. Reducir la carga orgánica implica menos consumo de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua, lo que previene procesos de eutrofización y mejora las condiciones para la vida acuática. Además, este resultado fortalece la sostenibilidad sanitaria del entorno rural, ya que la depuración adecuada del efluente evita riesgos para la salud pública y favorece el aprovechamiento seguro de los recursos hídricos.

4.2.2. Demanda química de oxígeno (DQO)

Figura 18

Concentración promedio de la DQO y comparación con el límite máximo permisible



La Figura 16 presenta la evolución de la concentración de la DQO en los tres sistemas de tratamiento evaluados, contrastando los valores obtenidos con el Límite Máximo Permisible (200 mg/L) establecido en el D.S. N.º 003-2010-MINAM para efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR). Se observa que en el punto PM1 (afluente) los valores superan ampliamente la normativa, con promedios de 4272.05 mg/L en TS1, 2931.69 mg/L en TS2 y 2753.94 mg/L en TS3, lo cual refleja una elevada carga orgánica inicial típica de aguas residuales domésticas sin tratamiento. Sin embargo, tras la primera etapa en el biodigestor (PM2), se logra una reducción considerable, alcanzando concentraciones de 281.47 mg/L en TS1, 161.59 mg/L en TS2 y 285.33 mg/L en TS3. En este punto, solo el sistema TS2 cumple con el LMP, mientras que TS1 y TS3 aún superan el límite normativo, lo que indica que la etapa anaerobia por sí sola no es suficiente para garantizar el cumplimiento legal en todos los casos.

En el punto PM3, correspondiente al efluente final del pozo de absorción, se evidencia un cumplimiento pleno de la normativa en los tres sistemas, con valores de

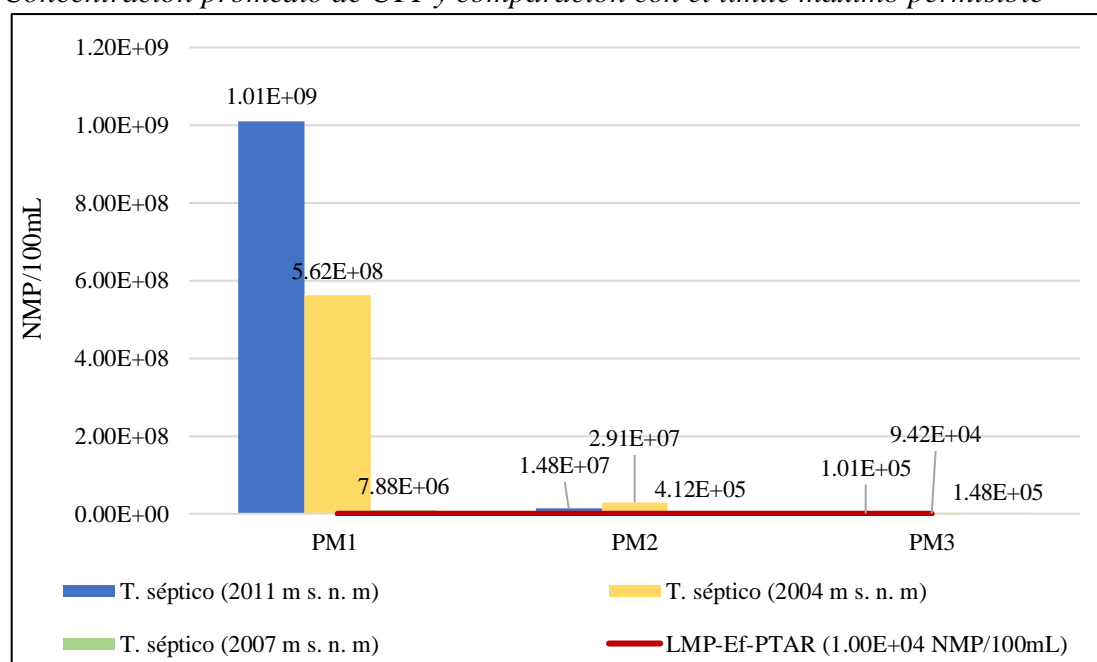
46.45 mg/L en TS1, 61.24 mg/L en TS2 y 44.82 mg/L en TS3, todos por debajo del límite de 200 mg/L. Este resultado confirma la importancia del tratamiento secundario en el pozo de absorción, el cual actúa como etapa complementaria para asegurar la calidad del efluente. Comparando con estudios previos, se aprecia un mejor desempeño en este estudio.

Mego Torres (2023) en Cabracancha, Chota, reportó concentraciones finales de 727.67 mg/L que no cumplían con el LMP, mientras que Silva Flores (2022) en el CC. PP. Yarinal, distrito de Pardo Miguel, San Martín, obtuvo valores de 402.75 mg/L, también por encima de lo permitido. En cambio, en este estudio el sistema combinado no solo garantiza el cumplimiento normativo, sino que además asegura un efluente con una calidad muy superior, lo que refuerza la viabilidad de su implementación en contextos rurales donde el cumplimiento de la legislación ambiental es un requisito fundamental

4.2.3. Coliformes termotolerantes (CTT)

Figura 19

Concentración promedio de CTT y comparación con el límite máximo permisible



La Figura 17 muestra las concentraciones de coliformes termotolerantes (CTT) para los tres sistemas evaluados, ubicados entre 2004 y 2011 m s. n. m. En todos los casos, se registraron valores iniciales elevados en el afluente crudo (PM1), alcanzando 1.01×10^9 NMP/100 mL en TS1, 5.62×10^8 en TS2 y 7.88×10^6 en TS3. Estas cifras reflejan la elevada carga biológica típica de aguas residuales domésticas sin tratamiento.

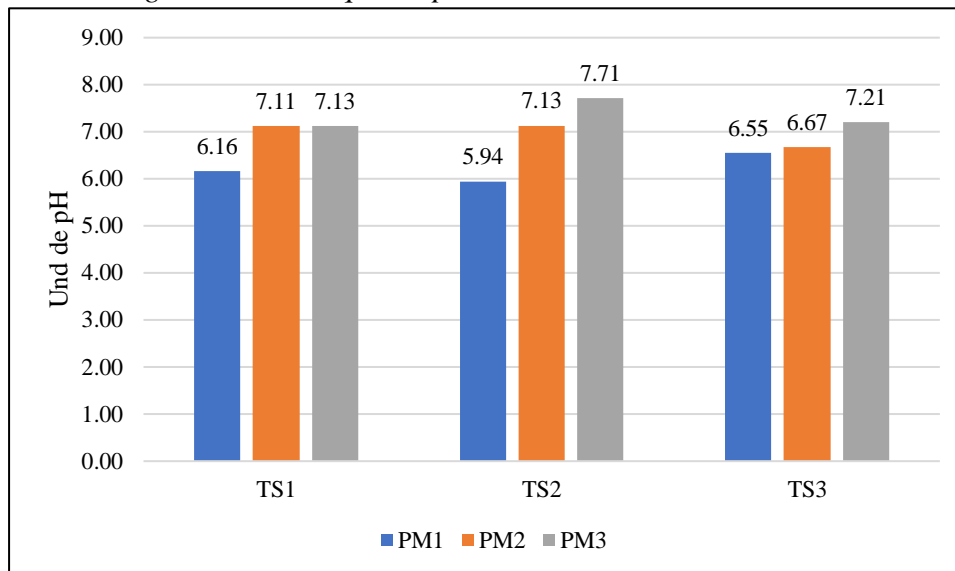
Tras el paso por el biodigestor (PM2), las concentraciones disminuyeron significativamente: 1.48×10^7 NMP/100 mL en TS1, 2.91×10^7 en TS2 y 4.12×10^5 en TS3. Aunque se evidencia una reducción importante, los valores aún se encuentran muy por encima del Límite Máximo Permisible (LMP) de 1.0×10^4 NMP/100 mL establecido por el D.S. N.º 003-2010-MINAM. El mayor descenso se observó en PM3, con concentraciones finales de 1.01×10^5 NMP/100 mL en TS1, 9.42×10^4 en TS2 y 1.48×10^5 en TS3. Si bien se redujo en varios órdenes de magnitud la presencia de coliformes, ninguno de los sistemas cumplió con el LMP normativo, lo que evidencia la necesidad de incorporar una etapa de desinfección adicional.

Estos hallazgos coinciden con estudios previos: Ríos & Cisneros (2019) en Carapongo, Lurigancho, también encontraron valores finales por encima del LMP a pesar de lograr altas reducciones. De manera similar, Silva et al. (2019) en el estado de Minas Gerais-Brasil, obtuvo eficiencias elevadas, pero con concentraciones finales que no alcanzaron la norma. En contraste, Silva Flores (2022) en el el CC. PP. Yarinal, distrito de Pardo Miguel, San Martín, reportó un valor de apenas 133 NMP/100 mL, lo que sí cumplió con el LMP, aunque con una eficiencia mucho menor (87%). Harrison et al. (2000) destacan que sistemas con lechos filtrantes pueden reducir drásticamente la concentración de patógenos gracias a procesos de filtración física, adsorción y acción de biocapas, mecanismo que guarda semejanza con los resultados obtenidos en los pozos de absorción de El Limón.

4.2.4. Potencial de hidrógeno

Figura 20

Potencial de hidrógeno en los tanques sépticos



La Figura 18 muestra el comportamiento del potencial de hidrógeno (pH) en los tres tanques sépticos mejorados (TS1, TS2 y TS3). Los valores promedio obtenidos en el punto de muestreo inicial (PM1) reflejan un carácter ligeramente ácido del agua residual cruda, con valores de 6.16 en TS1, 5.94 en TS2 y 6.55 en TS3. Esta acidez inicial se asocia principalmente a la acumulación de materia orgánica biodegradable y a la formación de ácidos grasos volátiles durante la etapa fermentativa temprana, proceso descrito por Luostarinen (2005), quien señala que en esta fase los compuestos orgánicos intermedios generan una disminución temporal del pH del medio. Conforme avanza el tratamiento, dichos ácidos son consumidos por los microorganismos metanogénicos, favoreciendo la estabilización del sistema y el restablecimiento de un pH cercano a la neutralidad, condición óptima para la actividad biológica dentro del tanque séptico.

Posteriormente, en la salida del biodigestor (PM2), se observa un aumento notable del pH en los tres sistemas, alcanzando valores promedio de 7.11 (TS1), 7.13

(TS2) y 6.67 (TS3). Este incremento puede explicarse por la generación de amoníaco (NH_3) como subproducto de la degradación de proteínas y la reducción de nitratos, compuestos con carácter básico que neutralizan la acidez del medio (Luostarinen, 2005; Ríos & Cisneros, 2019). Esta recuperación del pH hacia la neutralidad es crucial para el desarrollo de las bacterias metanogénicas, cuya actividad óptima ocurre en un rango de 6.5 a 8.0. Según este autor, un equilibrio entre las distintas formas de carbono inorgánico en el sistema permite mantener el pH dentro de los límites ideales para los procesos anaerobios.

En el punto final del tratamiento (PM3), correspondiente al efluente del pozo de absorción, se registra un ligero incremento adicional en el pH, con valores promedio de 7.12 en TS1, 7.71 en TS2 y 7.21 en TS3. Esta tendencia ascendente posterior al biodigestor es consistente con lo reportado por Hussen et al. (2024), quien observó un aumento del pH en sistemas con filtros percoladores debido a la formación de bicarbonato durante la nitrificación y a la desprotonación de ácidos orgánicos. Ambos procesos neutralizan la acidez residual y elevan el pH hacia niveles levemente alcalinos. Además, estos valores finales se encuentran dentro del rango permitido por el LMP (6.5–8.5), lo cual garantiza condiciones adecuadas para la disposición del efluente tratado.

Los resultados obtenidos en este estudio son coherentes con los de otros autores. Por ejemplo, Silva Flores (2022) en el el CC. PP. Yarinal, distrito de Pardo Miguel, San Martín, reportó valores de pH de 8.05 en el afluente y 8.01 en el efluente, lo cual también refleja un sistema estabilizado con tendencia a la neutralidad. De forma similar, Goicochea Pérez (2022) en el caserío de Santa Rosa y distrito de Sucre, Celendín, registró un rango de 7.0 a 7.5, ratificando que los sistemas bien operados logran mantener un pH compatible con la actividad microbiana necesaria para el tratamiento. Por su parte, Ríos & Cisneros (2019) en Carapongo, Lurigancho, observaron un pH

inicial incluso más elevado (8.4 a 8.9) que se redujo ligeramente en el efluente (7.0 a 7.3), también dentro del margen normativo. Este comportamiento sugiere una buena capacidad de tamponamiento en los sistemas anaerobios, respaldada por la formación de compuestos básicos como el amoníaco.

Tabla 8

Análisis de la varianza del potencial de hidrógeno en función a los puntos de muestreo

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	11.912737	2	5.95636852	42.1033259	1.5944E-11	3.17879929
Dentro de los grupos	7.21498333	51	0.14147026			
Total	19.1277204	53				

CV= 5%

La Tabla 8 presenta los resultados del análisis de varianza aplicado a los valores de pH en los tres puntos de muestreo. El estadístico F calculado (42.10) supera ampliamente el valor crítico de F (3.17), y la probabilidad asociada ($p = 1.59 \times 10^{-11}$) es mucho menor al nivel de significancia ($\alpha = 0.05$). Esto indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre los valores de pH de los distintos puntos de muestreo.

El coeficiente de variación (CV = 5%) muestra que la variabilidad interna de los datos es baja, lo que refuerza la confiabilidad del análisis. En términos prácticos, esto significa que las variaciones observadas en el pH no son producto del azar, sino consecuencia de los procesos que ocurren en cada etapa del tratamiento.

4.3. Condiciones de operación de los tanques sépticos mejorados con pozos de absorción

En esta sección se presentan las condiciones de operación de los tanques sépticos mejorados con pozos de absorción, incluyendo variables operativas como número de habitantes, permanencia, caudal promedio y temperatura en los puntos de monitoreo

(PM1, PM2 y PM3). Estos parámetros permiten caracterizar el funcionamiento hidráulico y térmico del sistema, así como evaluar su influencia en la eficiencia del tratamiento.

Tabla 9

Condiciones de operación de los tanques sépticos mejorados con pozos de absorción

Tanque séptico (altitud)	Nº de habitantes	Permanencia	Caudal promedio	Temperatura promedio PM1	Temperatura promedio PM2	Temperatura promedio PM3
TS1	5	Permanente	0.0043 L/s	17.23	17.41	17.95
TS2	4	Permanente	0.0020 L/s	17.56	17.69	17.94
TS3	3	Permanente	0.0010 L/s	17.64	17.84	18.01

La Tabla 9 resume las condiciones operativas de los tres tanques sépticos mejorados con pozos de absorción, evaluando variables clave como número de habitantes, permanencia, caudal y temperatura a lo largo del sistema. Estas condiciones resultan esenciales para comprender el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos y biológicos interpretados anteriormente.

En cuanto al caudal de ingreso, se observa una relación directamente proporcional con el número de habitantes: el TS1, que atiende a 5 personas, registra el mayor caudal promedio (0.0043 L/s), seguido por TS2 con 0.0020 L/s y TS3 con solo 0.0010 L/s. Este aspecto tiene implicancias importantes, ya que un mayor caudal conlleva una mayor carga orgánica, lo cual coincide con los valores más elevados de DBO₅ y DQO encontrados en el TS1 (1400.8 mg/L de DBO₅ y 4272 mg/L de DQO en PM1). No obstante, a pesar de la alta carga, el TS1 logró mantener eficiencias elevadas de remoción (hasta 98% para DBO₅ y 99% para DQO), lo que sugiere un buen dimensionamiento y diseño del sistema.

Respecto a la temperatura, todos los sistemas operaron dentro de un rango relativamente estrecho, con temperaturas promedio entre 17.23 °C y 18.01 °C,

manteniéndose muy por debajo del límite normativo de 35 °C. Estos valores se consideran adecuados para procesos anaerobios en zonas andinas, aunque podrían representar una ligera limitación para la actividad microbiana comparado con sistemas operados a temperaturas más altas. Ríos & Cisneros (2019) en Carapongo, Lurigancho, señalan que temperaturas entre 21.5 y 23.5 °C optimizan la biodegradación, mientras que Goicochea Pérez (2022) encontró que a mayor altitud (y menor temperatura), la eficiencia del tratamiento disminuye considerablemente. En este caso, aunque las temperaturas fueron inferiores a las reportadas por Silva Flores (2022) en el el CC. PP. Yarinal, distrito de Pardo Miguel, San Martín, que alcanzó hasta 20.5 °C en el afluente, las eficiencias fueron superiores, lo cual puede atribuirse a la estabilidad térmica, permanencia continua de las familias y una mejor retención hidráulica.

Por otro lado, el incremento progresivo de la temperatura desde PM1 hasta PM3 en los tres sistemas (por ejemplo, en TS2 de 17.56 °C a 17.94 °C) puede asociarse a la actividad microbiana interna y a la producción de biogás como subproducto de la digestión anaerobia, tal como lo plantea Aguirre et al. (2018), quien observó un aumento térmico con el paso del tiempo debido a la acumulación de gases y reacciones internas. Este fenómeno puede contribuir a mantener condiciones estables para las bacterias metanogénicas, que operan mejor cerca de la neutralidad de pH, lo cual es consistente con los valores alcanzados en PM2 y PM3 (hasta 7.71 en TS2).

En cuanto a la altitud, todos los sistemas se ubican en un rango similar (2004 a 2011 m s. n. m.), por lo que no se observaron diferencias significativas atribuibles a este factor en el análisis de varianza (ANOVA), como se interpretó anteriormente tanto para DQO como para pH. No obstante, si se compara con estudios como el de Goicochea Pérez (2022) en el cacerio de Santa Rosa y distrito de Sucre, a temperaturas entre 12°C y 24.10°C, quien reportó caídas en la eficiencia a altitudes mayores (3135 m s. n. m.), los

resultados obtenidos en El Limón resultan favorables, sugiriendo que las condiciones de altitud en el presente estudio no comprometieron el rendimiento del sistema.

Finalmente, la permanencia permanente de los habitantes en los tres sistemas garantiza un flujo constante de aguas residuales, lo cual evita interrupciones en el proceso biológico. Este aspecto es clave para mantener activa la biomasa microbiana y prevenir desbalances en el sistema, ayudando a sostener niveles estables de remoción de materia orgánica y patógenos a lo largo del tiempo.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El tratamiento con tanques sépticos mejorados con pozos de absorción presentó una alta eficiencia en la remoción de cargas orgánicas. La DBO₅ alcanzó eficiencias iguales o superiores al 97 %, mientras que la DQO logró eficiencias iguales o superiores al 98 %. En cuanto a coliformes termotolerantes, se lograron reducciones superiores al 98 %, aunque sin alcanzar la eficiencia necesaria para cumplir con los LMP de vertido.
- Los sistemas redujeron en promedio, la DBO₅ se redujo de 1400.8 mg/L a 29.6 mg/L, cumpliendo el LMP de 100 mg/L. La DQO disminuyó de 3319.8 mg/L a 50.8 mg/L, por debajo del LMP de 200 mg/L. El pH se mantuvo entre 7.12 y 7.71, dentro del rango normativo (6.5–8.5). Los coliformes termotolerantes registraron un promedio final de 1.14×10^5 NMP/100 mL, superando el LMP de 1.0×10^4 NMP/100 mL.
- Los tanques sépticos mejorados operaron eficientemente bajo condiciones controladas. El caudal varió entre 0.0010 y 0.0043 L/s, acorde al número de habitantes por vivienda (3 a 5 personas). La temperatura del sistema osciló entre 17.23 °C (PM1, TS1) y 18.01 °C (PM3, TS3), manteniéndose dentro del rango

mesofílico adecuado para la actividad biológica. Las familias se mantienen permanente en los tres casos, garantizando una carga orgánica constante y estable.

5.2.Recomendaciones

- Ampliar el monitoreo a todo el año para evaluar el impacto de las variaciones estacionales en la eficiencia del tratamiento.
- Realizar esta misma investigación en otras altitudes (2100-2200), para tener la certeza, hasta que altitud operan óptimamente.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS

- Aguilar Aliaga, M. A. (2019). *Nivel de eficiencia del sistema de biodigestores en el caserío el Tingo – Celendín, Cajamarca*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte].
<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14740>
- Aguirre, S., Vargas, M., Zeron, M., Cruz, M., & Flores, S. (2018). Tratamiento primario de aguas servidas mediante tanque séptico en urbanización de Lurigancho, Lima. *Revista de Investigación: Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 4(2), 29 – 41.
https://www.researchgate.net/publication/329794805_Tratamiento_primario_de_aguas_servidas_mediante_tanque_septico_en_urbanizacion_de_Lurigancho_Lima
- Baquero, G. A., Martínez, S., Acuña, J., Nolasco, D., & Rosso, D. (2022). Cómo la elevación determina la selección de tecnología en el tratamiento biológico de aguas residuales. *J Environ Manage*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35114583/>
- Cabrejo Moran, J. L. (2022). *Evaluación experimental de la mejora de un biodigestor a partir de la aplicación de microorganismos eficientes (EM)*. [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomás].
<https://repository.usta.edu.co/server/api/core/bitstreams/5a556c48-e598-49d9-a6aa-75ca071a240a/content>
- Calvo, G., Zambrano, D., & Picado, S. (2020). Evaluación fisicoquímica y biológica en sistemas de tratamiento comerciales en Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*,

33(4). https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0379-39822020000400047&script=sci_abstract&tlng=es

Castro, R., & Perez, R. (2009). *Saneamiento rural y salud Guía para acciones a nivel local*. Organización Panamericana de la Salud. <https://iris.paho.org/handle/10665.2/52823>

Cervantes, A., & Marques, M. J. (2007). *Diseño de Experimentos. Curso Práctico*. https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/ecocuan/ecocuan_dis_manual.pdf

Chavarría, E. Y., Huamaní, L. L., Basurto, C. M., & Carvo, O. S. (2023). Nivel de calidad de la demanda bioquímica de oxígeno del proceso de filtros biológicos. *Rev. Inv. Cs. Agro. y Vet.*, 7(19), 153 - 159. <http://www.scielo.org.bo/pdf/arca/v7n19/a12-153-159.pdf>

Cubillos, D. F., & Huertas, D. M. (2018). *Evaluación de la eficiencia de remoción de materia orgánica de un biodigestor tubular anaerobio a escala piloto para el tratamiento de aguas residuales porcinas en la Institución Educativa Agrícola Guacavía, Cumaral-Meta*. [Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/server/api/core/bitstreams/25ccc537-30bc-4a18-a7c2-4eccc2847792/content>

Domínguez, L., & Rojas, K. (2019). *Eficacia de los biodigestores autolimpiables en las unidades básicas de saneamiento con arrastre hidráulico (UBS-AH) en el tratamiento de aguas residuales domésticas, Huando 2019*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Huancavelica]. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNH_c6524efd3458f5f0b377701387b-abef8

Eddy, M. &. (2003). *Wastewater Engineering: Treatment and Reuse*. McGraw-Hill.

Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia [UNICEF]. (2012). *Saneamiento*.

<https://www.unicef.org/es/saneamiento>

Franceschini, G., Miranda, N. D., Rodrigues, S. A., Sarnighausen, V., & de Lucas, J. (2021).

The efficiency of the economic septic tank in the treatment of domestic wastewater and black water in rural areas. *Research Society and Development*, 10(8).

https://www.researchgate.net/publication/353195661_The_efficiency_of_the_economic_septic_tank_in_the_treatment_of_domestic_wastewater_and_black_water_in_rural_areas

Global Nature Fund. (2017). *Manual de sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas y manejo de biodigestores domiciliarios*.

<https://www.vivamosmejor.org.gt/sito/?s=manual+sistemas+de+tratamiento+de+aguas+residuales>

Goicochea Pérez, L. E. (2022). *Influencia de la altitud en la eficiencia de tratamiento de los biodigestores autolimpiables en la provincia de Celendín*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca].

<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4986/TESIS%20LIANE%20EMILY%20GOICOCHEA%20PEREZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gutiérrez, J. A., Fernández, A., & Raposo, F. (2025). Evaluating Alternative Oxidants for Artificial Chemical Oxygen Demand Removal Performance from Wastewater Treatment Plants. *Resources*, 14(3). <https://www.mdpi.com/2079-9276/14/3/46>

Harrison, R. B., Turner, S., N., Hoyle, J. A., KrejsL, J., Tone, D. D., . . . Xue, D. (2000).

Treatment of Septic Effluent for Fecal Coliform and Nitrogen in Coarse-textured Soils: Use of Soil-only and Sand Filter Systems. *Water, Air, and Soil Pollution*, 124, 205–215. <https://link.springer.com/article/10.1023/A%3A1005298932244>

- Hu, H., Cheng, Y., & Lin, J. (2007). On-Site Treatment of Septic Tank Effluent by Using a Soil Adsorption System. *TECHNICAL PAPERS*, 11(3).
<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/%28ASCE%291090-025X%282007%2911%3A3%28197%29>
- Humanante, J. J., Moreno, L. C., Grijalva, A., Saldoya, R. W., & Suárez, J. A. (2022). Eficiencia de remoción e impacto del sistema de tratamiento de aguas residuales del sector urbano y rural de la Provincia de Santa Elena. *Manglar*, 19(2), 177-187.
<http://www.scielo.org.pe/pdf/mang/v19n2/2414-1046-manglar-19-02-177.pdf>
- Hussen, A., Mekonnen, A., & Dagnew, G. (2024). Treatment appraisal and fate of HMs in up-flow anaerobic sludge blanket and trickling filter-based sewage treatment process: The case of a kaliti Centralized Wastewater Treatment Plant, Addis Ababa, Ethiopia. *Heliyon*, 10(13). <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11280265/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2023). *Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico - Nro 10*. <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/4985657-peru-formas-de-acceso-al-agua-y-saneamiento-basico-nro-10>
- Kemmer, F. N., & Maccallion, J. (1998). *Manual del agua: Su naturaleza, tratamiento y aplicaciones*. https://ingenio.upm.es/primo-explore/fulldisplay/34UPM_ALMA21165448860004212/34UPM_VU1
- Kumari, M., Khursheed, A., & Ahmad, A. (2014). Modified septic tank-anaerobic filter unit as a two-stage onsite domestic wastewater treatment system. *Environ Technol*, 2183-93. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25145171/>
- Luostarinen, S. (2005). *Tratamiento anaeróbico de aguas residuales en sitio a baja temperatura*. Universidad de Jyväskylä.
<http://dissertations.jyu.fi/studbiol/951392274X.pdf>

- Mego Torres, T. Y. (2023). *Eficiencia de remoción de la demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno y sólidos suspendido totales de los biodigestores instalados en Cabracancha, Chota- 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://repositorio.unach.edu.pe/items/b11ed64b-fece-48ba-b9d3-48251c66a1ce>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento [MVCS]. (2012). *D. S. NO 002-2012-VIVIENDA Crean el Programa Nacional de Saneamiento Rural en el Ministerio de Vivienda. Construcción y Saneamiento*. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/per111251.pdf>
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento [MVCS]. (2024). *PNSR anuncia 73 proyectos de saneamiento rural con inversión de S/ 420.9 millones para 15 regiones del Perú*. <https://www.construccionyvivien.com/2024/12/26/pnsr-anuncia-73-proyectos-de-saneamiento-rural-con-inversion-de-s-420-9-millones-para-15-regiones-del-peru/>
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVSC]. (2018). *Resolución Ministerial N.º 192-2018-VIVIENDA*. <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/275920-192-2018-vivienda>
- Mori Leyva, K. S. (2021). *Eficiencia de un biodigestor tubular en la remoción de la carga orgánica y sólidos de un efluente del beneficio cárnico, en Celendín*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4154>
- Municipalidad Distrital del Utco. (2020). *Expediente técnico del proyecto “mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y saneamiento básico rural en: El Lanche, El Choloque, Limón (Granadilla, Tuyunga, Bellavista, El Tambo, Pencapata, Calluincho), gelic, La Lucma, San Isidro, Shucamayo*.

- Nuñez, L., Molinari, C., Paz, M., Tornello, C., Mantovano, J., & Moretton, J. (2014). Análisis de riesgo sanitario en aguas grises de la provincia de buenos aires, Argentina. *Rev. Int. Contam. Ambie.*, 30(4), 341-350.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v30n4/v30n4a3.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2023). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible Edición especial*. https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023_Spanish.pdf
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2019). *Guías para el saneamiento y la salud*.
<https://iris.who.int/handle/10665/330097>
- Organización Mundial de la Salud [OMS]. (2024). *Saneamiento*.
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>
- Orozco Jaramillo, A. (2016). *Bioingeniería de aguas residuales Teoría y diseño* .
- Pereira Lombo, E. S. (2022). *Estudios previos para determinar el área de infiltración que se requiere tener para el pozo séptico del predio San Francisco Empresa Agropecuaria Aliar, (Puerto Gaitán – 2022)*. [Tesis de pregrado, Universidad Piloto de Colombia].
<https://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/12411/TRABAJO%20DE%20GRADO%20EDGAR%20STIVEN%20PEREIRA%20LOMBO%20%2023%20.pdf?sequence=1>
- Rios, J. G., & Cisneros, L. Z. (2019). *Eficiencia de un Biodigestor en el Tratamiento de Agua Residual Domestica a nivel familiar en la Asociación “los Viquez” Carapongo - Lurigancho Chosica- Lima*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Unión].
<https://repositorio.upeu.edu.pe/server/api/core/bitstreams/de04af1f-0f8c-4958-ad76-96541ac51730/content>

Rotoplas. (2020). *Biodigestor Autolimpiable rotoplas. Rotoplas*. <https://rotoplas.com.mx/rtp-resources/productos/biodigestor/biodigestor-ficha-tecnica.pdf>

Silva Flores, J. (2022). *Evaluación de la eficiencia del biodigestor comercial en el tratamiento de las aguas residuales domiciliarias*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Martín].

<https://repositorio.unsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/d7a19469-da7e-4b35-82ab-e1248e35963f/content>

Silva, M. C., Viancelli, A., Michelon, W., Carvalho, S. V., Reis, D. d., Salles, L. A., . . .

Chagas, I. A. (2019). Household-based biodigesters promote reduction of enteric virus and bacteria in vulnerable and poverty rural area. *Environ Pollut*, 8-13.

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31146241/>

Stevik, T. K., Aa, K., Ausland, G., & Hanssen, J. F. (2004). Retention and removal of pathogenic bacteria in wastewater percolating through porous media: a review. *Water Res*, 38(6), 1355-67. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15016513/>

Unda Opazo, F. (1969). *Ingeniería sanitaria aplicada a saneamiento y salud pública*. UTEHA.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables

Anexo 3. Cadena de custodia

Anexo 4. Informes de laboratorio

Anexo 5. Fichas de observación de los parámetros de campo

Anexo 6. Panel fotográfico

Anexo 1. *Matriz de consistencia*

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿Cuál es la eficiencia del tratamiento de aguas residuales según condiciones de operación de tanques sépticos mejorados con pozos de absorción en El Limón, Utco, Celendín - 2024?	<p>- Objetivo general: Determinar la eficiencia del tratamiento de aguas residuales según condiciones de operación de tanques sépticos mejorados con pozos de absorción en El Limón, Utco, Celendín - 2024.</p> <p>- Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Evaluar los parámetros fisicoquímicos (pH, DBO5, DQO) y biológicos (CTT), antes y después del tratamiento y verificar el cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos por el D.S. N° 003-2010-MINAM del efluente del tratamiento de aguas residuales rurales. - Evaluar las condiciones de operación de los tanques sépticos mejorados con pozos de absorción: Caudal, temperatura, altitud, número de habitantes, permanencia de las familias. 	Las condiciones de operación de los tanques sépticos mejorados con pozos de absorción permiten una eficiencia mayor al 60% en la mejora de la calidad del agua residual del caserío El Limón, Utco - Celendín.	<p>Variable 1: La calidad del agua residual en los parámetros de (DBO₅, DQO, CTT y pH).</p> <p>Variable 2: La operación del de los tanques sépticos mejorados con pozos de absorción.</p>	<p>- Tipo de investigación Según la fuente: La presente investigación es de campo. Por su finalidad: La presente investigación es aplicada. Por el tiempo: Longitudinal, porque se realizará durante el periodo de tres meses. Por su medida: Es cuantitativa por los resultados obtenidos. Por su definición de alcance: La investigación es explicativa.</p> <p>- Diseño de la investigación Es no experimental. Según Hernández et al. (2014), en este tipo de estudios se recolecta información sin manipular las variables de estudio en un solo momento. Población: La población estará constituida por 68 tanques sépticos mejorados con pozos de absorción que fueron instalados en el caserío El Limón específicamente en el sector El Tambo en el año 2023, por el consorcio Celendín. Muestra: La muestra estará constituida por 3 tanques sépticos mejorados con pozos de absorción instalados en el caserío El Limón, específicamente en el sector El Tambo.</p>

Anexo 2. Cadena de custodia



CADENA DE CUSTODIA

SGC-LRA
P-20-F01, Ver. 02

N° CC - 112

- 20 25

DATOS DEL CLIENTE					PARAMETROS																																																																																																																		
Nombre: <i>Marlo Rodríguez Vargas</i> Solicitud de Cotización: <i>SC-081-2025</i>					<table border="1"> <tr> <th colspan="14">Químicos</th> <th colspan="8">Biológicos</th> <th colspan="6">Campo</th> </tr> <tr> <th>Conductividad</th><th>Turbidez</th><th>Color</th><th>Olor</th><th>Sabor</th><th>Cloro residual</th><th>Cloro Total</th><th>TDS</th><th>TS</th><th>SS</th><th>SF</th><th>SV</th><th>Alcalinidad</th><th>Carbonatos</th><th>Bicarbonatos</th><th>Salinidad</th><th>Acidez</th><th>Aniones</th><th>Metales Totales</th><th>Metales Disueltos</th><th>Mercurio Disuelto</th><th>Mercurio Total</th><th>Dureza Cálcica</th><th>Dureza Magnésica</th><th>Cianuro Total</th><th>Cianuro WAD</th><th>Cianuro Libre</th><th>Sulfuro Colorimétrico</th><th>Sulfuro ISE</th><th>N-Amidaci</th><th>N-Amidaci</th><th>N. Total</th><th>DBO₅</th><th>DBO</th><th>Crómo VI</th><th>Materia Orgánica</th><th>Aceites y Grases</th><th>Oxígeno Disuelto</th><th>TPH</th><th>Detergentes</th><th>Fenoles</th><th>B. Heterotrofos</th><th>Coliformos Totales</th><th>Coliformos Termot.</th><th>E. Coli</th><th>Garilla Duodenalis</th><th>Enterococos</th><th>O.V.L.</th><th>H.V.L.H.</th><th>Fermas Parasitarias</th><th>Ps. Aeruginosa</th><th>Vibrio Cholerae</th><th>Salmonella</th><th>Ph</th><th>Oxígeno Disuelto</th><th>Temperatura</th><th>Conductividad</th><th>Cloro Residual</th><th>Muestras observadas (**)</th> </tr> </table>																												Químicos														Biológicos								Campo						Conductividad	Turbidez	Color	Olor	Sabor	Cloro residual	Cloro Total	TDS	TS	SS	SF	SV	Alcalinidad	Carbonatos	Bicarbonatos	Salinidad	Acidez	Aniones	Metales Totales	Metales Disueltos	Mercurio Disuelto	Mercurio Total	Dureza Cálcica	Dureza Magnésica	Cianuro Total	Cianuro WAD	Cianuro Libre	Sulfuro Colorimétrico	Sulfuro ISE	N-Amidaci	N-Amidaci	N. Total	DBO ₅	DBO	Crómo VI	Materia Orgánica	Aceites y Grases	Oxígeno Disuelto	TPH	Detergentes	Fenoles	B. Heterotrofos	Coliformos Totales	Coliformos Termot.	E. Coli	Garilla Duodenalis	Enterococos	O.V.L.	H.V.L.H.	Fermas Parasitarias	Ps. Aeruginosa	Vibrio Cholerae	Salmonella	Ph	Oxígeno Disuelto	Temperatura	Conductividad	Cloro Residual	Muestras observadas (**)
Químicos																																	Biológicos								Campo																																																																														
Conductividad	Turbidez	Color	Olor	Sabor	Cloro residual	Cloro Total	TDS	TS	SS	SF	SV	Alcalinidad	Carbonatos	Bicarbonatos	Salinidad	Acidez	Aniones	Metales Totales	Metales Disueltos	Mercurio Disuelto	Mercurio Total	Dureza Cálcica	Dureza Magnésica	Cianuro Total	Cianuro WAD	Cianuro Libre	Sulfuro Colorimétrico	Sulfuro ISE	N-Amidaci	N-Amidaci	N. Total	DBO ₅	DBO	Crómo VI	Materia Orgánica	Aceites y Grases	Oxígeno Disuelto	TPH	Detergentes	Fenoles	B. Heterotrofos	Coliformos Totales	Coliformos Termot.	E. Coli	Garilla Duodenalis	Enterococos	O.V.L.	H.V.L.H.	Fermas Parasitarias	Ps. Aeruginosa	Vibrio Cholerae	Salmonella	Ph	Oxígeno Disuelto	Temperatura	Conductividad	Cloro Residual	Muestras observadas (**)																																																													
Teléfono: <i>994033450</i> Comprobante pago: <i>000-450</i>																																																																																																																							
e-mail: <i>mrodriguez152@vrc-rcvpc</i> Formato informe: <i>Visual</i>																																																																																																																							
Procedencia de la muestra: <i>Celsoain Utao - El Limon</i>																																																																																																																							
ITEM	CODIGO DE MUESTRA	UBICACION DE LA MUESTRA	HORA	MATRIZ (*)																																																																																																																			
01	UBS-N°1-PMS	El Limon	12:00	AR-M																																																																																																																			
02	UBS-N°3-PMS	El Limon	12:10	AR-M																																																																																																																			
03	UBS-N°5-PMS	El Limon	12:20	AR-M																																																																																																																			
04	UBS-N°2-PMS	El Limon	12:40	AR-M																																																																																																																			
05	UBS-N°2-PMS	El Limon	12:50	AR-M																																																																																																																			
06	UBS-N°2-PMS	El Limon	13:00	AR-M																																																																																																																			
07	UBS-N°3-PMS	El Limon	13:10	AR-M																																																																																																																			
08	UBS-N°3-PMS	El Limon	13:20	AR-M																																																																																																																			
09	UBS-N°2-PMS	El Limon	13:30	AR-M																																																																																																																			

DATOS DE MUESTREO			RECEPCIÓN DE LA MUESTRA (**)			CONFORMIDAD DE LA MUESTRA						
Toma de muestra realizada por	Ciente	<input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura de recepción (1)			Conforme						
Nombre de quien toma la muestra	Laboratorio	<input checked="" type="checkbox"/>	Recipiente apropiado (2)	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	Nombre y firma del que entrega la muestra					
Fecha de muestreo	<i>14-01-2025</i>		Dentro del tiempo establecido (3)	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	<table border="1"> <tr> <td colspan="2"><i>Marlo Rodríguez V.</i></td> <td><i>MRF</i></td> </tr> </table>			<i>Marlo Rodríguez V.</i>		<i>MRF</i>
<i>Marlo Rodríguez V.</i>		<i>MRF</i>										
Firma de la persona que toma la muestra	<i>MRF</i>		Correctamente preservadas (4)	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	No conforme					
			Cumple con el volumen (5)	SI	<input checked="" type="checkbox"/>	NO	Nombre y firma del que entrega la muestra					
			Nombre del recepcionista			<table border="1"> <tr> <td colspan="2">-</td> <td>-</td> </tr> </table>			-		-	
-		-										
			Firma	<i>Fu</i>	Fecha y Hora	<i>15/01/25 09:00</i>	La(s) muestra(s) no cumplen con uno o más requisitos establecidos por el método (**). Por lo tanto, queda fuera del alcance de acreditación.					

(*) Revisar en la cara posterior la Tabla N° 02: NTP 214.047 2012 Calidad del Agua- Clasificación de Muestra Agua para Ensayos de Laboratorio
 (***) Revisar en la cara posterior la Tabla N° 01: Requerimientos especiales para la toma y conservación de las muestras

Este documento no debe ser reproducido, distribuido, corregido o prestado, total o parcialmente, sin la previa autorización del Responsable del Laboratorio.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA

CADENA DE CUSTODIA

SGC - LRA
P-20-F01, Ver. 02

N° CC - 710 - 20 75

DATOS DEL CLIENTE					PARAMETROS																																																																																																																			
Nombre: <u>Rodríguez Vargas Maño</u>		Solicitud de Cotización: <u>SC-167-2025</u>			<table border="1"> <tr> <th colspan="14">Químicos</th> <th colspan="10">Biológicos</th> <th colspan="4">Campo</th> </tr> <tr> <td>Conductividad</td><td>Turbidez</td><td>Color</td><td>Olor</td><td>Sabor</td><td>Cloro residual</td><td>Cloro Total</td><td>TDS</td><td>TSS</td><td>TS</td><td>SS</td><td>SF</td><td>SV</td><td>Alcalinidad</td><td>Carbonatos</td><td>Bicarbonatos</td><td>Salinidad</td><td>Acidez</td><td>Aniones</td><td>Metales Totales</td><td>Metales Disueltos</td><td>Mercurio Disuelto</td><td>Mercurio Total</td><td>Dureza Total</td><td>Dureza Cálcica</td><td>Dureza Magnésica</td><td>Cloruro Total</td><td>Cloruro WAD</td><td>Cloruro Libre</td><td>Sulfuro Colométrico</td><td>Sulfuro SE</td><td>N. Amónico</td><td>N. Total</td><td>DBO₅</td><td>DOO</td><td>Cromo VI</td><td>Materia Orgánica</td><td>Acidos y Grasas</td><td>Oxígeno Disuelto</td><td>TPH</td><td>Detergentes</td><td>Fenoles</td><td>B. Heterótrofos</td><td>Coliformos Totales</td><td>Coliformos Termot.</td><td>E. Coli</td><td>Giardia Duodenalis</td><td>Enterococos</td><td>O.V.L.</td><td>H.Y.L.H.</td><td>Formas Parasitarias</td><td>Ps. Aeruginosa</td><td>Vibrio Cholerae</td><td>Salmonella</td><td>pH</td><td>Oxígeno Disuelto</td><td>Temperatura</td><td>Conductividad</td><td>Cloro Residual</td><td>Muestras Observadas (**)</td> </tr> </table>																												Químicos														Biológicos										Campo				Conductividad	Turbidez	Color	Olor	Sabor	Cloro residual	Cloro Total	TDS	TSS	TS	SS	SF	SV	Alcalinidad	Carbonatos	Bicarbonatos	Salinidad	Acidez	Aniones	Metales Totales	Metales Disueltos	Mercurio Disuelto	Mercurio Total	Dureza Total	Dureza Cálcica	Dureza Magnésica	Cloruro Total	Cloruro WAD	Cloruro Libre	Sulfuro Colométrico	Sulfuro SE	N. Amónico	N. Total	DBO ₅	DOO	Cromo VI	Materia Orgánica	Acidos y Grasas	Oxígeno Disuelto	TPH	Detergentes	Fenoles	B. Heterótrofos	Coliformos Totales	Coliformos Termot.	E. Coli	Giardia Duodenalis	Enterococos	O.V.L.	H.Y.L.H.	Formas Parasitarias	Ps. Aeruginosa	Vibrio Cholerae	Salmonella	pH	Oxígeno Disuelto	Temperatura	Conductividad	Cloro Residual	Muestras Observadas (**)
Químicos																																	Biológicos										Campo																																																																													
Conductividad	Turbidez	Color	Olor	Sabor																													Cloro residual	Cloro Total	TDS	TSS	TS	SS	SF	SV	Alcalinidad	Carbonatos	Bicarbonatos	Salinidad	Acidez	Aniones	Metales Totales	Metales Disueltos	Mercurio Disuelto	Mercurio Total	Dureza Total	Dureza Cálcica	Dureza Magnésica	Cloruro Total	Cloruro WAD	Cloruro Libre	Sulfuro Colométrico	Sulfuro SE	N. Amónico	N. Total	DBO ₅	DOO	Cromo VI	Materia Orgánica	Acidos y Grasas	Oxígeno Disuelto	TPH	Detergentes	Fenoles	B. Heterótrofos	Coliformos Totales	Coliformos Termot.	E. Coli	Giardia Duodenalis	Enterococos	O.V.L.	H.Y.L.H.	Formas Parasitarias	Ps. Aeruginosa	Vibrio Cholerae	Salmonella	pH	Oxígeno Disuelto	Temperatura	Conductividad	Cloro Residual	Muestras Observadas (**)																																	
Teléfono: <u>999603346</u>		Comprobante Pago: <u>B207-0920</u>																																																																																																																						
e-mail: <u>maño@lra.org.gv</u>		Formato Informe: <u>Virtual</u>																																																																																																																						
Procedencia de la muestra: <u>Ciudad de Guayaquil - Urea - El Limón</u>																																																																																																																								
ITEM	CODIGO DE MUESTRA	UBICACIÓN DE LA MUESTRA	HORA	MATRIZ (*)																																																																																																																				
01	UBS - N°1 - PM1	El Limón	11:00	AR.M																																																																																																																				
02	UBS - N°1 - PM2	El Limón	11:15	AR.M																																																																																																																				
03	UBS - N°1 - PM3	El Limón	11:30	AR.M																																																																																																																				
04	UBS - N°2 - PM1	El Limón	12:00	AR.M																																																																																																																				
05	UBS - N°2 - PM2	El Limón	12:15	AR.M																																																																																																																				
06	UBS - N°2 - PM3	El Limón	12:30	AR.M																																																																																																																				
07	UBS - N°3 - PM1	El Limón	13:00	AR.M																																																																																																																				
08	UBS - N°3 - PM2	El Limón	13:15	AR.M																																																																																																																				
09	UBS - N°3 - PM3	El Limón	13:30	AR.M																																																																																																																				

DATOS DE MUESTREO			RECEPCIÓN DE LA MUESTRA (**)			CONFORMIDAD DE LA MUESTRA		
Toma de muestra realizada por	Cliente	<input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura de recepción (1)	40		Conforme		
Nombre de quien toma la muestra	Laboratorio		Recipiente apropiado (2)	SI	NO	Nombre y firma del que entrega la muestra		
Fecha de muestreo			Dentro del tiempo establecido (3)	SI	NO	Las muestras cumplen con todos los requisitos establecidos por el método de ensayo		
Firma de la persona que toma la muestra			Correctamente preservadas (4)	SI	NO	Nombre y firma del que entrega la muestra		
			Cumplen con el volumen (5)	SI	NO	No Conforme		
			Nombre del receptorista			La(s) muestra(s) no cumplen con uno o más requisitos establecidos por el método de acreditación.		
			Firma			Nombre y firma del que entrega la muestra		
				Fecha y Hora				
				26-02-25, 10:10				

OBSERVACIONES:

(*) Revisar en la cara posterior la Tabla N°02: NTP 214.042 2012 Calidad del Agua- Clasificación de Matriz Agua para Ensayos de Laboratorio
 (**) Revisar en la cara posterior la Tabla N°01: Requerimientos especiales para la toma y conservación de las muestras

Anexo 3. Informes de laboratorio

	LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084		 Registro N° LE - 084
	INFORME DE ENSAYO N° IE 01250117		
DATOS DEL CLIENTE			
Razon Social/Nombre	RODRIGUEZ VARGAS MARLO		
Dirección	-		
Persona de contacto	RODRIGUEZ VARGAS MARLO	Correo electrónico	mrodriguezv152_2@unc.edu.pe
DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	14.01.25	Hora de Muestreo	12:00 A 14:30
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	09		
Ensayos solicitados	Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos- Microbiológicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación		
Referencia de la Muestra:	El Limon- Utco- Celendín- Cajamarca		
Observaciones:	-		
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC-081-2025	Cadena de Custodia	CC - 0117 - 25
Fecha y Hora de Recepción	15.01.25	09:00	Inicio de Ensayo 15.01.25 09:08
Reporte Resultado	28.01.25	16:55	Lugar de ejecución de ensayos Laboratorio Regional del Agua (LRA)- Cajamarca
 Firmado digitalmente por COLINA VENEGAS Juan Jose FAU 20453744168 soft Motivo: Soy el autor del documento Fecha: 28/01/2025 09:35 p. m.			
Juan Colina Venegas Especialista de Gestión de Calidad CBP: 10220			
Cajamarca, 28 de Enero de 2025			Página: 1 de 6
<small>JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FONO:599000 anexo 1140.</small>			



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250117

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra	UBS- N° 1- PM1	UBS- N° 1- PM2	UBS- N° 1- PM3	UBS- N° 2- PM1	UBS- N° 2- PM2	UBS- N° 2- PM3		
Código Laboratorio	02250117-01	02250117-02	02250117-03	02250117-04	02250117-05	02250117-06		
Matriz	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual		
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal		
Localización de la Muestra	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.60	1485.20	144.20	33.40	1035.90	30.90	26.80
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.30	4810.50	309.39	49.07	2642.11	60.90	47.33

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)
(* Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 28/01/2025 05:30 p. m.

Cajamarca, 28 de Enero de 2025

Página: 2 de 6



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250117

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra	UBS- N° 3- PM1	UBS- N° 3- PM2	UBS- N° 3- PM3	-	-	-	-	
Código Laboratorio	02250117-07	02250117-08	02250117-09	-	-	-	-	
Matriz	Residual	Residual	Residual	-	-	-	-	
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	-	-	-	-	
Localización de la Muestra	El Limón	El Limón	El Limón	-	-	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O ₂ /L	2.60	842.20	165.10	23.90	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.30	2624.89	345.35	39.11	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)
(* Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 28/01/2025 05:30 p. m.

Cajamarca, 28 de Enero de 2025



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250117

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra	UBS- N° 1- PM1	UBS- N° 1- PM2	UBS- N° 1- PM3	UBS- N° 2- PM1	UBS- N° 2- PM2	UBS- N° 2- PM3		
Código Laboratorio	02250117-01	02250117-02	02250117-03	02250117-04	02250117-05	02250117-06		
Matriz	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual		
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal		
Localización de la Muestra	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	12 x 10 ⁸	11 x 10 ⁶	44 x 10 ³	62 x 10 ⁷	12 x 10 ⁴	50 x 10 ³

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE; valor estimado () Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.*

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 28/01/2025 05:34 p. m.

Cajamarca, 28 de Enero de 2025

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FON: 599000 anexo 1140.

Página: 4 de 6



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250117

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			UBS- N° 3- PM1	UBS- N° 3- PM2	UBS- N° 3- PM3	-	-	-
Código Laboratorio			02250117-07	02250117-08	02250117-09	-	-	-
Matriz			Residual	Residual	Residual	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	-	-	-
Localización de la Muestra			El Limón	El Limón	El Limón	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	12 x 10 ⁵	24 x 10 ⁴	16 x 10 ⁴	-	-	-

*Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado
(* Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.*

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 28/01/2025 05:34 p. m.

Cajamarca, 28 de Enero de 2025



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250117

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(*) Los Resultados son referenciales, ya que, las muestra no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe corresponden única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua, según cotización y cadena de custodia.

✓ Cuando la muestra es tomada por el cliente: El Laboratorio Regional del Agua no se responsabiliza por la exactitud o la verificación de la información sobre la muestra. Los resultados del ensayo están basados en la muestra tal como fue recibida y en los datos proporcionados por el cliente.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días después de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

✓ El código QR permitirá la visualización y descarga del documento (según oficio múltiple N° 027-2024-INACAL/DA), por lo que, una vez emitido el informe de ensayo, queda bajo responsabilidad del cliente a quien le de acceso dicho código; además, el link vinculado al código QR también se proporcionará al repositorio del INACAL (según oficio múltiple N° 020-2024-INACAL/DA) para consultas sobre autenticaciones, falsificaciones o adulteraciones del presente documento.

✓ LRA-GRC ASEGURA LA CONFIABILIDAD Y CONFIDENCIALIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO.

✓ **"Le recordamos que dispone de 30 días calendario desde la fecha de emisión de este informe para presentar cualquier reclamo o solicitar correcciones. Pasado este plazo, no se aceptarán modificaciones ni reclamaciones asociadas al presente informe".**

--- Fin del documento ---

Código del Formato: P-23-F01 Ver: 03 Fecha : 24/07/2024

Cajamarca, 28 de Enero de 2025

**LABORATORIO REGIONAL
 DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
 LOPEZ LEÓN Freddy Humberto
 FAU 20453744168 soft
 Motivo: Viso en señal de
 conformidad
 Fecha: 28/01/2025 05:34 p. m.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250146

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **RODRIGUEZ VARGAS MARLO**

Dirección -

Persona de contacto **RODRIGUEZ VARGAS MARLO** Correo electrónico mrodriguezv152_2@unc.edu.pe

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **29.01.25** Hora de Muestreo **13:00 A 15:30**

Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -

Procedimiento de Muestreo -

Tipo de Muestreo **Puntual**

Número de puntos de muestreo **09**

Ensayos solicitados **Químicos Instrumentales- Físicoquímicos- Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**

Referencia de la Muestra: **El Limon- Utco- Celendin- Cajamarca**

Observaciones: -

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-106-2025** Cadena de Custodia **CC - 0146 - 25**

Fecha y Hora de Recepción **30.01.25 10:00** Inicio de Ensayo **30.01.25 10:07**

Reporte Resultado **11.03.25 14:40** Lugar de ejecución de ensayos **Laboratorio Regional del Agua (LRA)- Cajamarca**

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA



Firmado digitalmente por COLINA VENEGAS
Juan Jose FAU 20453744168 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 12/02/2025 02:40 p. m.

Juan Colina Venegas
Especialista de Gestión de Calidad
CBP: 10220

Cajamarca, 12 de Febrero de 2025



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250146

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra			UBS- N° 1- PM1	UBS- N° 1- PM2	UBS- N° 1- PM3	UBS- N° 2- PM1	UBS- N° 2- PM2	UBS- N° 2- PM3
Código Laboratorio			02250146-01	02250146-02	02250146-03	02250146-04	02250146-05	02250146-06
Matriz			Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal
Localización de la Muestra			El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.60	1103.50	113.40	26.40	930.70	120.60	82.40
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.30	3949.80	265.44	43.42	1904.80	159.50	95.23

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)
(* Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Mofovo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 12/02/2025 02:44 p. m.

Cajamarca, 12 de Febrero de 2025

Página: 2 de 6



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250146

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra	UBS- N° 3- PM1		UBS- N° 3- PM2	UBS- N° 3- PM3	-	-	-	
Código Laboratorio	02250146-07		02250146-08	02250146-09	-	-	-	
Matriz	Residual		Residual	Residual	-	-	-	
Descripción	Municipal		Municipal	Municipal	-	-	-	
Localización de la Muestra	El Limón		El Limón	El Limón	-	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.60	985.50	169.10	44.40	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.30	1225.89	242.62	62.56	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 12/02/2025 02:44 p. m.

Cajamarca, 12 de Febrero de 2025



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250146

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra	UBS- N° 1- PM1	UBS- N° 1- PM2	UBS- N° 1- PM3	UBS- N° 2- PM1	UBS- N° 2- PM2	UBS- N° 2- PM3		
Código Laboratorio	02250146-01	02250146-02	02250146-03	02250146-04	02250146-05	02250146-06		
Matriz	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual		
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal		
Localización de la Muestra	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	11 x 10 ⁸	10 x 10 ⁶	50 x 10 ³	92 x 10 ⁶	15 x 10 ⁴	45 x 10 ³

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 12/02/2025 02:50 p. m.

Cajamarca, 12 de Febrero de 2025

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail:laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FONO:599000 anexo 1140.

Página: 4 de 6



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250146

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra	UBS- N° 3- PM1		UBS- N° 3- PM2	UBS- N° 3- PM3	-	-	-	
Código Laboratorio	02250146-07		02250146-08	02250146-09	-	-	-	
Matriz	Residual		Residual	Residual	-	-	-	
Descripción	Municipal		Municipal	Municipal	-	-	-	
Localización de la Muestra	El Limón		El Limón	El Limón	-	-	-	
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	15 x 10 ⁵	42 x 10 ⁴	12 x 10 ⁴	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado
(* Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 12/02/2025 02:50 p. m.

Cajamarca, 12 de Febrero de 2025



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250146

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(**) Los Resultados son referenciales, ya que, las muestra no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

- ✓ Los resultados indicados en este informe corresponden única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua, según cotización y cadena de custodia.
- ✓ Cuando la muestra es tomada por el cliente: El Laboratorio Regional del Agua no se responsabiliza por la exactitud o la verificación de la información sobre la muestra. Los resultados del ensayo están basados en la muestra tal como fue recibida y en los datos proporcionados por el cliente.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días después de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.
- ✓ El código QR permitirá la visualización y descarga del documento (según oficio múltiple N° 027-2024-INACAL/DA), por lo que, una vez emitido el informe de ensayo, queda bajo responsabilidad del cliente a quien le de acceso dicho código; además, el link vinculado al código QR también se proporcionará al repositorio del INACAL (según oficio múltiple N° 020-2024-INACAL/DA) para consultas sobre autenticaciones, falsificaciones o adulteraciones del presente documento.

✓ LRA-GRC ASEGURA LA CONFIABILIDAD Y CONFIDENCIALIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO.

✓ **"Le recordamos que dispone de 30 días calendario desde la fecha de emisión de este informe para presentar cualquier reclamo o solicitar correcciones. Pasado este plazo, no se aceptarán modificaciones ni reclamaciones asociadas al presente informe".**

--- Fin del documento ---

Código del Formato: P-23-F01 Ver: 03 Fecha : 24/07/2024

Cajamarca, 12 de Febrero de 2025

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
 LOPEZ LEON Freddy Humberto
 FAU 20453744168 soft
 Motivo: Viso en señal de
 conformidad
 Fecha: 12/02/2025 02:54 p. m.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250176

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **RODRIGUEZ VARGAS MARLO**

Dirección -

Persona de contacto **RODRIGUEZ VARGAS MARLO** Correo electrónico mrodriguezv152_2@unc.edu.pe

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **10.02.25** Hora de Muestreo **14:00 A 16:30**

Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -

Procedimiento de Muestreo -

Tipo de Muestreo **Puntual**

Número de puntos de muestreo **09**

Ensayos solicitados **Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos- Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**

Referencia de la Muestra: **El Limon- Utco- Celendin- Cajamarca**

Observaciones: -

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-137-2025** Cadena de Custodia **CC - 0176 - 25**

Fecha y Hora de Recepción **11.02.25 10:35** Inicio de Ensayo **11.02.25 10:43**

Reporte Resultado **24.02.25 15:25** Lugar de ejecución de ensayos **Laboratorio Regional del Agua (LRA)- Cajamarca**



Firmado digitalmente por COLINA VENEGAS
Juan José FAU 20453744168 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 24/02/2025 03:30 p. m.

Juan Colina Venegas
Especialista de Gestión de Calidad
CBP: 10220

Cajamarca, 24 de Febrero de 2025



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250176

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra	UBS- N° 1- PM1	UBS- N° 1- PM2	UBS- N° 1- PM3	UBS- N° 2- PM1	UBS- N° 2- PM2	UBS- N° 2- PM3		
Código Laboratorio	02250176-01	02250176-02	02250176-03	02250176-04	02250176-05	02250176-06		
Matriz	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual		
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal		
Localización de la Muestra	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.60	1345.5	101.2	17.4	1054.9	45.2	27.2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.30	4691.8	269.39	32.07	2456.43	78.55	51.6

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)
(* Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU.20453744.168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 24/02/2025 03:30 p. m.

Cajamarca, 24 de Febrero de 2025

Página: 2 de 6



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250176

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra	UBS- N° 3- PM1	UBS- N° 3- PM2	UBS- N° 3- PM3	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	02250176-07	02250176-08	02250176-09	-	-	-	-	-
Matriz	Residual	Residual	Residual	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	El Limón	El Limón	El Limón	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.60	884.3	144.10	29.3	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.30	1186.89	304.63	44.1	-	--	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft.
Motivo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 24/02/2025 03:32 p. m.

Cajamarca, 24 de Febrero de 2025



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250176

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra	UBS- N° 1- PM1	UBS- N° 1- PM2	UBS- N° 1- PM3	UBS- N° 2- PM1	UBS- N° 2- PM2	UBS- N° 2- PM3		
Código Laboratorio	02250176-01	02250176-02	02250176-03	02250176-04	02250176-05	02250176-06		
Matriz	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual		
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal		
Localización de la Muestra	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	15 x 10 ⁸	12 x 10 ⁶	34 x 10 ³	82 x 10 ⁷	10 x 10 ⁴	32 x 10 ³

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE; valor estimado
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 24/02/2025 03:32 p. m.

Cajamarca, 24 de Febrero de 2025

Página: 4 de 6



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250176

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra	UBS- N° 3- PM1	UBS- N° 3- PM2	UBS- N° 3- PM3	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	02250176-07	02250176-08	02250176-09	-	-	-	-	-
Matriz	Residual	Residual	Residual	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	El Limón	El Limón	El Limón	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	26 x 10 ⁵	34 x 10 ⁴	10 x 10 ⁴	-	--	

*Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado
(* Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.*

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 24/02/2025 03:32 p. m.

Cajamarca, 24 de Febrero de 2025



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250176

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(*) Los Resultados son referenciales, ya que, las muestra no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe corresponden única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua, según cotización y cadena de custodia.

✓ Cuando la muestra es tomada por el cliente: El Laboratorio Regional del Agua no se responsabiliza por la exactitud o la verificación de la información sobre la muestra. Los resultados del ensayo están basados en la muestra tal como fue recibida y en los datos proporcionados por el cliente.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días después de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

✓ El código QR permitirá la visualización y descarga del documento (según oficio múltiple N° 027-2024-INACAL/DA), por lo que, una vez emitido el informe de ensayo, queda bajo responsabilidad del cliente a quien le de acceso dicho código; además, el link vinculado al código QR también se proporcionará al repositorio del INACAL (según oficio múltiple N° 020-2024-INACAL/DA) para consultas sobre autenticaciones, falsificaciones o adulteraciones del presente documento.

✓ LRA-GRC ASEGURA LA CONFIABILIDAD Y CONFIDENCIALIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO.

✓ **"Le recordamos que dispone de 30 días calendario desde la fecha de emisión de este informe para presentar cualquier reclamo o solicitar correcciones. Pasado este plazo, no se aceptarán modificaciones ni reclamaciones asociadas al presente informe".**

--- Fin del documento ---

Código del Formato: P-23-F01 Ver: 03 Fecha : 24/07/2024

Cajamarca, 24 de Febrero de 2025

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEÓN Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 24/02/2025 03:34 p. m.

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FON0:599000 anexo 1140.

Página: 6 de 6



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250210

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **RODRIGUEZ VARGAS MARLO**
Dirección -
Persona de contacto **RODRIGUEZ VARGAS MARLO** Correo electrónico mrodriguezv152_2@unc.edu.pe

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **25.02.25** Hora de Muestreo **11:00 A 13:30**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -
Procedimiento de Muestreo -
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **09**
Ensayos solicitados **Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos- Microbiológicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**
Referencia de la Muestra: **El Limon- Utco- Celendín- Cajamarca**

Observaciones: -

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-167-2025** Cadena de Custodia **CC - 0210 - 25**
Fecha y Hora de Recepción **26.02.25 10:10** Inicio de Ensayo **26.02.25 10:20**
Reporte Resultado **11.03.25 16:55** Lugar de ejecución de ensayos **Laboratorio Regional del Agua (LRA)- Cajamarca**

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA



Firmado digitalmente por COLINA VENEGAS
Juan Jose FAU 20453744168 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 11/03/2025 05:46 p. m.

Juan Colina Venegas
Especialista de Gestión de Calidad
CBP: 10220

Cajamarca, 11 de Marzo de 2025



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250210

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra			UBS- N° 1- PM1	UBS- N° 1- PM2	UBS- N° 1- PM3	UBS- N° 2- PM1	UBS- N° 2- PM2	UBS- N° 2- PM3
Código Laboratorio			02250210-01	02250210-02	02250210-03	02250210-04	02250210-05	02250210-06
Matriz			Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal
Localización de la Muestra			El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O ₂ /L	2.60	1526.30	91.50	11.40	1138.90	34.90	16.80
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.30	4872.60	259.69	27.07	3704.81	65.95	37.63

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 11/03/2025 05:34 p. m.

Cajamarca, 11 de Marzo de 2025

Página: 2 de 6



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250210

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos						
Código de la Muestra	UBS- N° 3- PM1	UBS- N° 3- PM2	UBS- N° 3- PM3	-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	02250210-07	02250210-08	02250210-09	-	-	-	-	-	-
Matriz	Residual	Residual	Residual	-	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	El Limón	El Limón	El Limón	-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos						
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O ₂ /L	2.60	1442.30	119.10	17.70	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.30	4624.89	292.63	30.91	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU.20453744168 soft
Motivo: Viso en señal de
conformidad.
Fecha: 11/03/2025 05:35 p. m.

Cajamarca, 11 de Marzo de 2025



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250210

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			UBS- N° 1- PM1	UBS- N° 1- PM2	UBS- N° 1- PM3	UBS- N° 2- PM1	UBS- N° 2- PM2	UBS- N° 2- PM3
Código Laboratorio			02250210-01	02250210-02	02250210-03	02250210-04	02250210-05	02250210-06
Matriz			Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal
Localización de la Muestra			El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	16×10^8	11×10^8	54×10^3	92×10^7	16×10^4	54×10^3

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado () Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.*

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
COLINA VENEGAS Juan Jose
FAU 20453744168 soft
Motivo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 11/03/2025 05:46 p. m.

Cajamarca, 11 de Marzo de 2025

Página: 4 de 6



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250210

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			UBS- N° 3- PM1	UBS- N° 3- PM2	UBS- N° 3- PM3	-	-	-
Código Laboratorio			02250210-07	02250210-08	02250210-09	-	-	-
Matriz			Residual	Residual	Residual	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	-	-	-
Localización de la Muestra			El Limón	El Limón	El Limón	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	35 x 10 ⁵	54 x 10 ⁴	17 x 10 ⁴	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE; valor estimado () Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.*

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
COLINA VENEGAS Juan Jose
FAU 20483744168 soft
Motivo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 11/03/2025 05:46 p. m.

Cajamarca, 11 de Marzo de 2025



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 02250210

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E, 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(*) Los Resultados son referenciales, ya que, las muestra no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

- ✓ Los resultados indicados en este informe corresponden única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua, según cotización y cadena de custodia.
- ✓ Cuando la muestra es tomada por el cliente: El Laboratorio Regional del Agua no se responsabiliza por la exactitud o la verificación de la información sobre la muestra. Los resultados del ensayo están basados en la muestra tal como fue recibida y en los datos proporcionados por el cliente.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días después de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.
- ✓ El código QR permitirá la visualización y descarga del documento (según oficio múltiple N° 027-2024-INACAL/DA), por lo que, una vez emitido el informe de ensayo, queda bajo responsabilidad del cliente a quien le de acceso dicho código; además, el link vinculado al código QR también se proporcionará al repositorio del INACAL (según oficio múltiple N° 020-2024-INACAL/DA) para consultas sobre autenticaciones, falsificaciones o adulteraciones del presente documento.

✓ LRA-GRC ASEGURA LA CONFIABILIDAD Y CONFIDENCIALIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO.

✓ **"Le recordamos que dispone de 30 días calendario desde la fecha de emisión de este informe para presentar cualquier reclamo o solicitar correcciones. Pasado este plazo, no se aceptarán modificaciones ni reclamaciones asociadas al presente informe."**

--- Fin del documento ---

Código del Formato: P-23-F01 Ver: 03 Fecha : 24/07/2024

Cajamarca, 11 de Marzo de 2025

**LABORATORIO REGIONAL
 DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
 COLINA VENEGAS Juan Jose
 FAU 20450744103 soft
 Motivo: Visto en señal de
 conformidad
 Fecha: 11/03/2025 05:46 p. m.

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
 e-mail: laboratorioodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratorioodelagua@hotmail.com FON0:599000 anexo 1140.

Página: 6 de 6



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03350390

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **RODRIGUEZ VARGAS MARLO**

Dirección -

Persona de contacto **RODRIGUEZ VARGAS MARLO** Correo electrónico mrodriguezv152_2@unc.edu.pe

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **12.02.25** Hora de Muestreo **07:00 A 09:30**

Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -

Procedimiento de Muestreo -

Tipo de Muestreo **Puntual**

Número de puntos de muestreo **09**

Ensayos solicitados **Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos- Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**

Referencia de la Muestra: **El Limon- Utco- Celendin- Cajamarca**

Observaciones: -

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-325-2025** Cadena de Custodia **CC - 0390 - 25**

Fecha y Hora de Recepción **12.03.25 15:05** Inicio de Ensayo **12.03.25 15:13**

Reporte Resultado **26.03.25 16:55** Lugar de ejecución de ensayos **Laboratorio Regional del Agua (LRA)- Cajamarca**



Firmado digitalmente por COLINA VENEGAS
Juan Jose FAU 20453744168 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 26/03/2025 05:34 p. m.

Juan Colina Venegas
Especialista de Gestión de Calidad
CBP: 10220

Cajamarca, 26 de Marzo de 2025



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03350390

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra	UBS- N° 1- PM1	UBS- N° 1- PM2	UBS- N° 1- PM3	UBS- N° 2- PM1	UBS- N° 2- PM2	UBS- N° 2- PM3		
Código Laboratorio	03350390-01	03350390-02	03350390-03	03350390-04	03350390-05	03350390-06		
Matriz	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual		
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal		
Localización de la Muestra	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.60	1124.20	124.40	24.40	1528.90	124.90	30.20
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.30	3432.30	224.42	42.03	3112.14	260.54	62.60

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 26/03/2025 05:34 p. m.

Cajamarca, 26 de Marzo de 2025



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03350390

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos						
Código de la Muestra	UBS- N° 3- PM1	UBS- N° 3- PM2	UBS- N° 3- PM3	-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	03350390-07	03350390-08	03350390-09	-	-	-	-	-	-
Matriz	Residual	Residual	Residual	-	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	El Limón	El Limón	El Limón	-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos						
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O ₂ /L	2.60	1220.30	185.40	23.60	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.30	4320.25	242.14	40.12	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)
(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEÓN Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 26/03/2025 05:34 p. m.

Cajamarca, 26 de Marzo de 2025



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03350390

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			UBS- N° 1- PM1	UBS- N° 1- PM2	UBS- N° 1- PM3	UBS- N° 2- PM1	UBS- N° 2- PM2	UBS- N° 2- PM3
Código Laboratorio			03350390-01	03350390-02	03350390-03	03350390-04	03350390-05	03350390-06
Matriz			Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal
Localización de la Muestra			El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	40 x 10 ⁷	21 x 10 ⁶	38 x 10 ⁷	38 x 10 ⁷	82 x 10 ⁶	34 x 10 ³

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE; valor estimado () Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.*

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 26/03/2025 05:40 p. m.

Cajamarca, 26 de Marzo de 2025



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03350390

ENSAYOS			Microbiológicos						
Código de la Muestra	UBS- N° 3- PM1	UBS- N° 3- PM2	UBS- N° 3- PM3	-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	03350390-07	03350390-08	03350390-09	-	-	-	-	-	-
Matriz	Residual	Residual	Residual	-	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	El Limón	El Limón	El Limón	-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos						
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100mL	1.8	36 x 10 ⁶	64 x 10 ⁴	22 x 10 ⁴	-	-	-	-

*Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE; valor estimado
(* Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.*

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 26/03/2025 05:40 p. m.

Cajamarca, 26 de Marzo de 2025

Página: 5 de 6



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03350390

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(*) Los Resultados son referenciales, ya que, las muestra no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe corresponden única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua, según cotización y cadena de custodia.

✓ Cuando la muestra es tomada por el cliente: El Laboratorio Regional del Agua no se responsabiliza por la exactitud o la verificación de la información sobre la muestra. Los resultados del ensayo están basados en la muestra tal como fue recibida y en los datos proporcionados por el cliente.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días después de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

✓ El código QR permitirá la visualización y descarga del documento (según oficio múltiple N° 027-2024-INACAL/DA), por lo que, una vez emitido el informe de ensayo, queda bajo responsabilidad del cliente a quien le de acceso dicho código; además, el link vinculado al código QR también se proporcionará al repositorio del INACAL (según oficio múltiple N° 020-2024-INACAL/DA) para consultas sobre autenticaciones, falsificaciones o adulteraciones del presente documento.

✓ LRA-GRC ASEGURA LA CONFIABILIDAD Y CONFIDENCIALIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO.

✓ **"Le recordamos que dispone de 30 días calendario desde la fecha de emisión de este informe para presentar cualquier reclamo o solicitar correcciones. Pasado este plazo, no se aceptarán modificaciones ni reclamaciones asociadas al presente informe".**

--- Fin del documento ---

Código del Formato: P-23-F01 Ver: 03 Fecha : 24/07/2024

Cajamarca, 26 de Marzo de 2025

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 26/03/2025 05:34 p. m.



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03250520

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **RODRIGUEZ VARGAS MARLO**

Dirección -

Persona de contacto **RODRIGUEZ VARGAS MARLO** Correo electrónico mrodriguezv152_2@unc.edu.pe

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **28.03.25** Hora de Muestreo **08:10 A 10:30**

Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -

Procedimiento de Muestreo -

Tipo de Muestreo **Puntual**

Número de puntos de muestreo **09**

Ensayos solicitados **Químicos Instrumentales- Fisicoquímicos- Microbiológicos**

Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación**

Referencia de la Muestra: **El Limon- Utco- Celendín- Cajamarca**

Observaciones: -

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-489-2025** Cadena de Custodia **CC - 520 - 25**

Fecha y Hora de Recepción **28.03.25 15:15** Inicio de Ensayo **28.03.25 15:25**

Reporte Resultado **09.04.25 16:55** Lugar de ejecución de ensayos **Laboratorio Regional del Agua (LRA)- Cajamarca**

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA



Firmado digitalmente por COLINA VENEGAS
Juan Jose FAU 20453744168 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 09/04/2025 05:34 p. m.

Juan Colina Venegas
Especialista de Gestión de Calidad
CBP: 10220

Cajamarca, 09 de Abril de 2025



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03250520

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra			UBS- N° 1- PM1	UBS- N° 1- PM2	UBS- N° 1- PM3	UBS- N° 2- PM1	UBS- N° 2- PM2	UBS- N° 2- PM3
Código Laboratorio			03250520-01	03250520-02	03250520-03	03250520-04	03250520-05	03250520-06
Matriz			Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal
Localización de la Muestra			El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O ₂ /L	2.60	1820.20	150.40	40.50	1684.00	140.50	32.10
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.30	3875.30	360.5	85.05	3769.86	344.10	73.06

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)
(* Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 09/04/2025 05:34 p. m.

Cajamarca, 09 de Abril de 2025

Página: 2 de 6



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03250520

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos						
Código de la Muestra	UBS- N° 3- PM1	UBS- N° 3- PM2	UBS- N° 3- PM3	-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	03250520-07	03250520-08	03250520-09	-	-	-	-	-	-
Matriz	Residual	Residual	Residual	-	-	-	-	-	-
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	El Limón	El Limón	El Limón	-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos						
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg O2/L	2.60	1042.30	162.10	25.50	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O2/L	8.30	2540.81	284.63	52.14	-	-	-	-

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)
(* Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 09/04/2025 05:42 p. m.

Cajamarca, 09 de Abril de 2025



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03250520

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra	UBS- N° 1- PM1	UBS- N° 1- PM2	UBS- N° 1- PM3	UBS- N° 2- PM1	UBS- N° 2- PM2	UBS- N° 2- PM3		
Código Laboratorio	03250520-01	03250520-02	03250520-03	03250520-04	03250520-05	03250520-06		
Matriz	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual		
Descripción	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal	Municipal		
Localización de la Muestra	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón	El Limón		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	24×10^7	24×10^6	44×10^3	54×10^6	92×10^6	35×10^4

*Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE; valor estimado
(* Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.*

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Visto en señal de
conformidad
Fecha: 09/04/2025 05:34 p. m.

Cajamarca, 09 de Abril de 2025



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 03250520

ENSAYOS			Microbiológicos					
Código de la Muestra			UBS- N° 3- PM1	UBS- N° 3- PM2	UBS- N° 3- PM3	-	-	-
Código Laboratorio			03250520-07	03250520-08	03250520-09	-	-	-
Matriz			Residual	Residual	Residual	-	-	-
Descripción			Municipal	Municipal	Municipal	-	-	-
Localización de la Muestra			El Limón	El Limón	El Limón	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados Microbiológicos					
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	25 x 10 ⁵	29 x 10 ⁴	12 x 10 ⁴	-	-	-

Nota: Los Resultados <1.0, <1.8, <1.1 y <1: significa que el resultado es equivalente a cero, no se aprecian estructuras biológicas en la muestra. VE: valor estimado () Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.*

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por
LOPEZ LEON Freddy Humberto
FAU 20453744168 soft
Motivo: Viso en señal de
conformidad
Fecha: 09/04/2025 05:42 p. m.

Cajamarca, 09 de Abril de 2025



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N°

IE 03250520

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24 th Ed. 2023: Biochemical Oxygen Demand 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24 th Ed. 2023: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 24 th Ed. 2023: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(*) Los Resultados son referenciales, ya que, las muestra no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.

✓ Los resultados indicados en este informe corresponden única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua, según cotización y cadena de custodia.

✓ Cuando la muestra es tomada por el cliente: El Laboratorio Regional del Agua no se responsabiliza por la exactitud o la verificación de la información sobre la muestra. Los resultados del ensayo están basados en la muestra tal como fue recibida y en los datos proporcionados por el cliente.

✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.

✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservarán en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días después de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.

✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.

✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

✓ El código QR permitirá la visualización y descarga del documento (según oficio múltiple N° 027-2024-INACAL/DA), por lo que, una vez emitido el informe de ensayo, queda bajo responsabilidad del cliente a quien le de acceso dicho código; además, el link vinculado al código QR también se proporcionará al repositorio del INACAL (según oficio múltiple N° 020-2024-INACAL/DA) para consultas sobre autenticaciones, falsificaciones o adulteraciones del presente documento.

✓ LRA-GRC ASEGURA LA CONFIABILIDAD Y CONFIDENCIALIDAD DE LOS RESULTADOS PRESENTADOS EN ESTE INFORME DE ENSAYO.

✓ **"Le recordamos que dispone de 30 días calendario desde la fecha de emisión de este informe para presentar cualquier reclamo o solicitar correcciones. Pasado este plazo, no se aceptarán modificaciones ni reclamaciones asociadas al presente informe".**

--- Fin del documento ---

Código del Formato: P-23-F01 Ver: 03 Fecha : 24/07/2024

Cajamarca, 09 de Abril de 2025

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA



Firmado digitalmente por
 LOPEZ LEON Freddy Humberto
 FAU: 20453744168 soft
 Motivo: Visto en señal de
 conformidad
 Fecha: 09/04/2025 05:42 p. m.

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
 e-mail: laboratorioodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratorioodelagua@hotmail.com FON0:599000 anexo 1140.

Página: 6 de 6

Anexo 4. Fichas de observación de los parámetros de campo

NOMBRE : MARLO RODRÍGUEZ VAREAS

PRIMER MONITOREOMONITOREO N° 01 Ph

UBS N°1			
FECHA	PM1	PM2	PM3
14/01/25	5.84	7.85	7.07

UBS N°2			
FECHA	PM1	PM2	PM3
14/01/25	5.84	7.77	8.14

UBS N°3			
FECHA	PM1	PM2	PM3
14/01/25	6.65	6.75	7.2

OBSERVACIONES

MONITOREO DE T°

UBS N°1			
FECHA	PM1	PM2	PM3
14/01/25	17.15	17.48	17.88

UBS N°2			
FECHA	PM1	PM2	PM3
14/01/25	17.64	17.7	17.96

UBS N°3			
FECHA	PM1	PM2	PM3
14/01/25	17.98	17.98	18.0

OBSERVACIONES

MONITOREO N° 2

Ph.

UBS N°1			
FECHA	PM1	PM2	PM3
29/03/25	6.41	7.22	7.28

UBS N°2			
FECHA	PM1	PM2	PM3
29/03/25	6.51	6.81	7.21

UBS N°3			
FECHA	PM1	PM2	PM3
29/03/25	6.7	6.83	7.28

OBSERVACIONES

MONITOREO N° 2

T°

UBS N°1			
FECHA	PM1	PM2	PM3
29/03/25	17.3	17.43	17.98

UBS N°2			
FECHA	PM1	PM2	PM3
29/03/25	17.45	17.66	17.98

UBS N°3			
FECHA	PM1	PM2	PM3
29/03/25	17.96	17.92	17.98

OBSERVACIONES

MONITOREO N° 3

Ph

UBS N°1			
FECHA	PM1	PM2	PM3
10/02/25	5.95	7.32	7.12

UBS N°2			
FECHA	PM1	PM2	PM3
10/02/25	5.7	7.7	8.1

UBS N°3			
FECHA	PM1	PM2	PM3
10/02/25	6.56	6.66	7.12

OBSERVACIONES

MONITOREO N° 3

T^h

UBS N°1			
FECHA	PM1	PM2	PM3
10/02/25	17.23	17.16	17.96

UBS N°2			
FECHA	PM1	PM2	PM3
10/02/25	17.57	17.71	18

UBS N°3			
FECHA	PM1	PM2	PM3
10/02/25	17.92	17.94	18.14

OBSERVACIONES

MONITOREO N° 4

Ph

UBS N°1			
FECHA	PM1	PM2	PM3
25/02/25	6.04	7.54	7.06

UBS N°2			
FECHA	PM1	PM2	PM3
25/02/25	5.23	6.7	7.34

UBS N°3			
FECHA	PM1	PM2	PM3
25/02/25	6.62	6.78	7.26

OBSERVACIONES

MONITOREO N° 4

T°

UBS N°1			
FECHA	PM1	PM2	PM3
25/02/25	17.23	17.45	17.95

UBS N°2			
FECHA	PM1	PM2	PM3
25/02/25	17.56	17.69	17.92

UBS N°3			
FECHA	PM1	PM2	PM3
25/02/25	17.94	17.96	17.96

OBSERVACIONES

MONITOREO N° 5
Ph

UBS N°1			
FECHA	PM1	PM2	PM3
12/03/25	6.34	7.66	7.02

UBS N°2			
FECHA	PM1	PM2	PM3
12/03/25	6.45	6.95	7.62

UBS N°3			
FECHA	PM1	PM2	PM3
12/03/25	6.54	6.68	7.23

OBSERVACIONES

MONITOREO N° 5
To

UBS N°1			
FECHA	PM1	PM2	PM3
12/03/25	17.25	17.53	17.96

UBS N°2			
FECHA	PM1	PM2	PM3
12/03/25	17.57	17.7	17.92

UBS N°3			
FECHA	PM1	PM2	PM3
12/03/25	17.96	17.92	18.07

OBSERVACIONES

MONITOREO N° 6

Ph

UBS N°1			
FECHA	PM1	PM2	PM3
28/03/25	6.40	7.42	7.2

UBS N°2			
FECHA	PM1	PM2	PM3
28/03/25	5.9	6.85	7.85

UBS N°3			
FECHA	PM1	PM2	PM3
28/03/25	6.24	6.34	7.15

OBSERVACIONES

MONITOREO N° 6

To

UBS N°1			
FECHA	PM1	PM2	PM3
28/03/25	17.23	17.42	17.95

UBS N°2			
FECHA	PM1	PM2	PM3
28/03/25	17.57	17.68	17.9

UBS N°3			
FECHA	PM1	PM2	PM3
28/03/25	17.95	17.73	17.98

OBSERVACIONES

Anexo 5. *Panel fotográfico*

Monitoreo en el TS1



Monitoreo en el TS2



Monitoreo en el TS3



Muestras para envío al laboratorio





Monitoreo del pH



Entrega de muestras en el laboratorio



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Indicadores, técnicas e instrumentos de medición	28
Tabla 2 Parámetros a analizar y frecuencia de muestreo	31
Tabla 3 Matriz de fuentes de información y técnicas de recolección.....	33
Tabla 4 Análisis de varianza datos	34
Tabla 5 Análisis de la varianza de las eficiencias de remoción de la DBO ₅ de los T. sépticos en los puntos de muestreo	37
Tabla 6 Análisis de la varianza de las eficiencias de remoción de la DQO de los T. sépticos en los puntos de muestreo	40
Tabla 7 Análisis de la varianza de las eficiencias de remoción de coliformes termotolerantes de los T. sépticos en los puntos de muestreo	42
Tabla 8 Análisis de la varianza del potencial de hidrógeno en función a los puntos de muestreo	50
Tabla 9 Condiciones de operación de los tanques sépticos mejorados con pozos de absorción	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Componentes del biodigestor autolimpiable o tanque séptico mejorado.....	16
Figura 2 Componentes de la instalación del biodigestor en la zona rural.....	16
Figura 3 Unidad básica de saneamiento instalada en el caserío El Limón	17
Figura 4 Detalle del tanque séptico mejorado (biodigestor).....	19
Figura 5 Detalle de dimensiones para el tanque séptico mejorado (biodigestor)	19
Figura 6 Detalle de la cámara de lodos	20
Figura 7 Detalle del pozo de absorción.....	20
Figura 8 Vista lateral de la unidad básica de saneamiento instalada en el caserío El Limón .	21
Figura 9 Pasos del funcionamiento del biodigestor en el saneamiento rural	23
Figura 10 Ubicación de la investigación (caserío El Limón – Utco – Celendín	27
Figura 11 Ubicación de los puntos de muestreo del tanque séptico mejorado con pozo de absorción instalada en el caserío El Limón - El Tambo.....	29
Figura 12 Vista del detalle corte A-A de la figura 11 del tanque séptico mejorado con pozo de absorción	29
Figura 13 Vista del detalle corte B-B de la figura 11 del tanque séptico mejorado con pozo de absorción	30
Figura 14 Eficiencia promedio de remoción de la DBO ₅	35
Figura 15 Eficiencia promedio de remoción de DQO.....	38
Figura 16 Eficiencia promedio de remoción de coliformes termotolerantes.....	41
Figura 17 Concentración promedio de la DBO ₅ y comparación con el límite máximo permisible	43
Figura 18 Concentración promedio de la DQO y comparación con el límite máximo permisible	45

Figura 19 Concentración promedio de CTT y comparación con el límite máximo permisible	46
Figura 20 Potencial de hidrógeno en los tanques sépticos	48

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.....	64
Anexo 3. Cadena de custodia.....	65
Anexo 4. Informes de laboratorio	71
Anexo 5. Fichas de observación de los parámetros de campo.....	107
Anexo 6. Panel fotográfico	113