

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA



TESIS

**“EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA
POTABLE DEL CASERIO DE SANTA ROSA, DISTRITO Y PROVINCIA DE
CELENDÍN – CAJAMARCA, 2023”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO SANITARIO

AUTOR:

Bach. CARLOS IVÁN CIEZA HUMÁN

ASESOR:

Dr. Ing° GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ

CAJAMARCA – PERÚ

2024

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

- Investigador:** Carlos Iván Cieza Humán
DNI: 77809008
Escuela Profesional: Ingeniería Sanitaria
- Asesor:** Gaspar Virilo Méndez Cruz
Facultad: Ingeniería
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
 Trabajo académico
- Título de Trabajo de Investigación:**
EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO DE SANTA ROSA, DISTRITO Y PROVINCIA DE CELENDÍN - CAJAMARCA 2023.
- Fecha de evaluación:** 18/11/2024
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 22%
- Código Documento: Oide:** 3117:406758941
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: Cajamarca, 18 de noviembre de 2024



FIRMA DEL ASESOR

Nombres y Apellidos: Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz

DNI: 26631950

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



Dra. Ing. Laura Sojta Bazán Díaz
DIRECTORA

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO DE SANTA ROSA, DITRITO Y PROVINCIA DE CELENDÍN - CAJAMARCA, 2023"

ASESOR : Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0065-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 22 de enero de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **tres días del mes de febrero de 2025**, siendo las dieciséis horas (4:00 p.m.) en la Sala de Audiovisuales (Ambiente 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Vocal : Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez.
Secretario : M.Cs. Ing. José Hilario Longa Álvarez.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERÍO DE SANTA ROSA, DITRITO Y PROVINCIA DE CELENDÍN - CAJAMARCA, 2023", presentado por el Bachiller en Ingeniería Sanitaria CARLOS IVAN CIEZA HUMAN, asesorado por el Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : ... 06 PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : ... 10 PTS.
EVALUACIÓN FINAL : ... 16 PTS Dieciséis (En letras)

En consecuencia, se lo declara Aprobado con el calificativo de Dieciséis acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las Dieciséis horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Presidente

Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez.
Vocal

M.Cs. Ing. José Hilario Longa Álvarez.
Secretario

Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
Asesor



EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

Bachiller en Ingeniería Sanitaria: CARLOS IVAN CIEZA HUMAN.

Bachiller en Ingeniería RUBRO	PUNTAJE
	Máximo/Calificación
2. DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	
2.1. Capacidad de síntesis	01
2.2. Dominio del tema	03
2.3. Consistencia de las alternativas presentadas	03
2.4. Precisión y seguridad en las respuestas	03
PUNTAJE TOTAL (MÁXIMO 12 PUNTOS)	10

Cajamarca, 03 de febrero de 2025

Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Presidente

Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez.
Vocal

M.Cs. Ing. José Hilario Longa Álvarez.
Secretario

Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
Asesor



EVALUACIÓN FINAL DE LA SUSTENTACIÓN DE TESIS.

Bachiller en Ingeniería Sanitaria: CARLOS IVAN CIEZA HUMAN.

RUBRO	PUNTAJE
A.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PRIVADA	06
B.- EVALUACIÓN DE LA SUSTENTACIÓN PÚBLICA	10
EVALUACIÓN FINAL	
EN NÚMEROS (A + B)	16
EN LETRAS (A + B)	Decisorio
- Excelente 20 - 19	Bueno
- Muy Bueno 18 - 17	
- Bueno 16 - 14	
- Regular 13 a 11	
- Desaprobado 10 a menos	

Cajamarca, 03 de febrero de 2025

Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Presidente

Dr. Ing. Luis Vásquez Ramírez.
Vocal

M.Cs. Ing. José Hilario Longa Álvarez.
Secretario

Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
Asesor

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la salud, la fortaleza y la sabiduría necesarias para alcanzar cada una de las metas que me he propuesto en mi vida profesional.

A mi asesor, el Dr. Ing. Gaspar Méndez Cruz, quien me brindó su orientación y conocimientos especializados en sistemas de Agua Potable, le agradezco por su dedicación, paciencia y motivación constante durante todo el proceso de elaboración de este proyecto de investigación.

Al Dr. Ing. Emerson Agustín Medina Chávez por su compromiso con la excelencia académica y su deseo de siempre buscar lo mejor para sus alumnos y para la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria, ha sido una gran fuente de motivación para mi desarrollo académico y profesional.

DEDICATORIA

A mi madre, Margarita Humán Chávez y hermanos Erick, Esleyder, Mathías y Normita quienes siempre me han brindado su amor, apoyo y motivación incondicional, les agradezco por ser mi principal fuente de inspiración en la vida y por su constante confianza en mí.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Hipótesis de investigación.....	2
1.3.1. Variables	2
1.4. Justificación de la investigación	3
1.5. Alcances o delimitación de la investigación	3
1.6. Limitaciones de la investigación	4
1.7. Objetivos	4
1.7.1. Objetivo general	4
1.7.2. Objetivos específicos	4
1.8. Descripción de los capítulos de la investigación	5
1.8.1. Capítulo I: Introducción.....	5
1.8.2. Capítulo II: Marco teórico	5
1.8.3. Capítulo III: Materiales y métodos	5
1.8.4. Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados	5
1.8.5. Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones	5
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes	6
2.1.1. Antecedentes internacionales	6
2.1.2. Antecedentes nacionales	6
2.1.3. Antecedentes locales.....	8
2.2. Bases teóricas	9
2.2.1. Evaluación hidráulica	9
2.2.2. Sistema de abastecimiento de agua potable.....	10
2.2.3. Fuentes de abastecimiento	10
2.2.4. Disponibilidad de agua para consumo	11
2.2.5. Captación de agua.....	12
2.2.6. Línea de conducción	13
2.2.7. Reservorio.....	14
2.2.8. Red de distribución	15

2.2.9. Conexión Domiciliaria	16
2.2.10. Levantamiento topográfico	16
2.2.11. Eficiencia Hidráulica	16
2.2.12. Elaboración de la evaluación de la eficiencia hidráulica.....	17
2.2.13. Calidad del agua del sistema de abastecimiento de agua potable.....	17
2.2.14. Operación y mantenimiento de un sistema de agua	18
2.2.15. Caracterización del Caserío	19
2.3. Definición de términos básicos	20
2.3.1. Agua potable.....	20
2.3.2. Infraestructura hidráulica.....	20
2.3.3. Presión del agua.....	20
2.3.4. Descensos del agua	20
2.3.5. Coeficientes de variación de consumo K1	21
2.3.6. Coeficientes de variación de consumo K2	21
2.3.7. Coliformes totales.....	21
2.3.8. Coliformes termotolerantes	21
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1. Ubicación de la zona de estudio:.....	22
3.1.1. Ubicación geográfica	22
3.1.2. Ubicación temporal.....	24
3.1.3. Materiales, equipos y softwares.....	24
3.2. Procedimiento.	25
3.2.1. Trabajo de Campo	25
3.2.2. Trabajo de Gabinete.....	35
3.3. Tratamiento, Análisis de Datos y Presentación de Resultados	35
3.3.1. Tipo, nivel, diseño y método de investigación	35
3.4. Población de estudio	36
3.5. Muestra.....	36
3.6. Unidad de análisis	36
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	37
4.1. Presentación de resultados	37
4.1.1. Caracterización del caserío de Santa Rosa, distrito y provincia de Celendín, departamento de Cajamarca.....	37
4.1.2. Descripción de los componentes del sistema de agua potable del caserío Santa Rosa, distrito y provincia de Celendín, departamento de Cajamarca.....	42
4.1.3. Estimación de los caudales de diseño y coeficientes de variación de consumo del sistema de agua potable del caserío Santa Rosa	54

4.1.4. Evaluación hidráulica de los componentes del sistema de Agua Potable de la localidad de Santa Rosa	60
4.1.5. Evaluación de la Operación y Mantenimiento del sistema de agua potable del caserío Santa Rosa	81
4.1.6. Comparación de los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos con los Anexos I, II y III del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA)	87
4.1.7. Planteamiento de propuestas de mejora para el diseño actual del sistema de agua potable del caserío Santa Rosa	92
4.2. Discusión de resultados.....	93
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
5.1. Conclusiones	96
5.2. Recomendaciones.....	98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
ANEXOS	101

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dotación de agua según forma de disposición de excretas.....	12
Tabla 2. Dotación de agua por tipo de abastecimiento	12
Tabla 3. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos	17
Tabla 4. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica	18
Tabla 5. Poblacion de los centros poblados del distrito de Celendín.....	37
Tabla 6. Datos de la Institución de Educación Inicial en Santa Rosa.....	39
Tabla 7. La semana pasada, según gran grupo, ¿Cuál es la ocupación principal?.....	40
Tabla 8. Coordenadas UTM de la captación de agua “Santa Rosa”	42
Tabla 9. Coordenadas UTM del reservorio “Santa Rosa” de $V=27.64m^3$	49
Tabla 10. Coordenadas UTM de la CRP-T7“Santa Rosa”	51
Tabla 11. Cuadro de ejemplo del cálculo de volúmenes de consumo a partir de las lecturas de descenso realizados y aforos en el ingreso al reservorio	56
Tabla 12. Horas de consumo de agua por día	57
Tabla 13. Cuadro de caudales diarios reales calculados a partir de los descensos, expresados en (m^3/h), junto con los cálculos aforados en el reservorio.	58
Tabla 14. Coeficiente de variación diaria	59
Tabla 15. Resultados del aforo volumétrico de agua en la captación.....	60
Tabla 16. Porcentaje de consumo horario.....	71
Tabla 17. Análisis de caudal de goteo en el reservorio de Santa Rosa.....	72
Tabla 18. Cálculo de caudal por tramo	74
Tabla 19. Reporte de presión en los puntos de la red de distribución	75
Tabla 20. Reporte de caudales y velocidades en de la red de distribución.....	76
Tabla 21. Presión en las CRP de las redes de distribución	77
Tabla 22. Monitoreo de presión dinámica registradas en las viviendas en horario de máximo consumo	78
Tabla 23. Comparación entre las presiones tomadas con el manómetro y las presiones del modelado en WaterCAD.....	79
Tabla 24. Rutinas de mantenimiento que se realizarón en el sistema de agua de Santa Rosa	86
Tabla 25. Resultados de calidad de la fuente “El mutuy”.....	87
Tabla 26. Resultados de calidad de agua en las viviendas de Santa Rosa	90
Tabla 27. Resultados del cloro libre residual en las viviendas de Santa Rosa.....	90

Tabla 28. Coordenadas UTM de la ubicación de otra naciente de abastecimiento de agua localizada a 50m de la fuente actual	92
Tabla 29. Puntos del levantamiento topográfico del área de estudio.....	102
Tabla 30. Cálculo de los volúmenes de agua por hora en función a los descensos y aforos al ingreso del reservorio.....	107

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Configuración típica de un sistema de abastecimiento de agua en zona rural	10
Figura 2. Manantial de ladera	11
Figura 3. Manantial de fondo.....	11
Figura 4. Cámara de captación de un manantial de ladera y concentrado	13
Figura 5. Cámara de captación de un manantial de fondo y concentrado	13
Figura 6. Perfil de Línea de Conducción	14
Figura 7. Reservorio de almacenamiento.....	15
Figura 8. Ubicación geográfica del Perú y sus departamentos	22
Figura 9. Ubicación de la localidad de Santa Rosa en la provincia de Celendín.....	23
Figura 10. Localización del caserío de Santa Rosa.....	23
Figura 11. Ubicación de la zona de la investigación – localidad de Santa Rosa	24
Figura 12. Aforo del agua por el método volumétrico.....	30
Figura 13. Fachada del acceso principal a la I.E N°82403	39
Figura 14. Sembríos de Maíz en el caserío de Santa Rosa	41
Figura 15. Crianza de ganado en el caserío de Santa Rosa.....	41
Figura 16. Croquis de la captación de fondo “Santa Rosa”, mostrando su entorno geográfico en relación con el sistema de abastecimiento	43
Figura 17. Inspeccion visual de la captación y sus alrededores para identificar signos de erosión en las márgenes de la quebrada	44
Figura 18. Vista frontal de la captación en Santa Rosa durante la inspección técnica, junto al operario del sistema de agua potable. Coordenadas UTM: Zona 17M, 817791.00 mE, 9238933.00 mN.....	46
Figura 19. Inspección técnica en la captación de Santa Rosa: perspectivas interna y externa junto al operario del sistema de agua potable. Coordenadas UTM: Zona 17M, 817791.00 mE, 9238933.00 mN.....	46
Figura 20. Revisión técnica de la cámara de válvulas en la captación de Santa Rosa: vistas externa e interna, con la tapa sanitaria desplazada en el lado derecho	47
Figura 21. Trazado de la línea de conducción y perfil topográfico, utilizando puntos de referencia tomados con Estación Total y representados en Google Earth.....	48
Figura 22. Vista frontal del reservorio Santa Rosa ($V=27.64 \text{ m}^3$) durante la inspección técnica. Coordenadas UTM: Zona 17M, 817696.72 mE, 9239019.05 mN.....	50
Figura 23. Vista de la puerta de acceso del reservorio, mostrando oxidación y desajuste en la parte inferior, con falta de adherencia adecuada.....	50

Figura 24. Vista del estado actual de la CRP -T7 1 en el sistema de agua, mostrando condiciones estructurales, operativas y de óptimo mantenimiento.....	52
Figura 25. Vista del estado actual de la CRP -T7 2, mostrando condiciones estructurales y de regular mantenimiento	52
Figura 26. Conexión domiciliaria de agua en una Unidad Básica de Saneamiento (UBS-AH) en Santa Rosa, destacando el tipo de instalación y su contexto en comparación con otras conexiones del sistema.....	53
Figura 27. Conexión domiciliaria artesanal en Santa Rosa, mostrando técnicas rústicas de instalación en el sistema de agua potable	53
Figura 28. Croquis con medidas internas del reservorio Santa Rosa.....	55
Figura 29. Croquis del cálculo de descensos en el reservorio	55
Figura 30. Medición del caudal de agua cruda en la entrada de línea de conducción al reservorio	61
Figura 31. Dimensiones de la captación existente del sistema de Santa Rosa	62
Figura 32. Croquis de la captación	63
Figura 33. Canastilla de la cámara húmeda	65
Figura 34. Perfil longitudinal de la línea de conducción - Tramo captación a reservorio de Santa Rosa.....	70
Figura 35. Medición de Parámetros de Campo de la fuente “El Mutuy”	89
Figura 36. Toma de muestras de agua de la fuente “El Mutuy”	89
Figura 37. Medición de cloro libre residual en el Reservorio Santa Rosa.....	91
Figura 38. Otra naciente de abastecimiento de agua localizada a 50m de la Fuente actual ...	92
Figura 39. Certificado de Calibración de Estación Total 1/2.....	105
Figura 40. Certificado de Calibración de Estación Total 2/2.....	106
Figura 41. Estación Total LEICA Modelo TS10 3” R1000 usado para el levantamiento.....	109
Figura 42. Día 1 del levantamiento topográfico – equipo de trabajo.....	109
Figura 43. Día 1 del levantamiento topográfico, visado de puntos de los compontes del sistema de agua.	110
Figura 44. Toma de puntos topográficos del reservorio Santa Rosa y de su cerco perimétrico.	110
Figura 45. Toma de puntos topográficos de la Cámara rompe presión -T7 de Santa Rosa...	111
Figura 46. Día 2 del levantamiento topográfico – nivelación de Equipo	111
Figura 47. Día 2 del levantamiento topográfico – Pidiendo permiso a los comuneros para la toma de puntos de las conexiones en sus viviendas.....	112

Figura 48.. Día 3 del levantamiento topográfico – Pintado de estación	112
Figura 49. Día 3 del levantamiento topográfico – Tomas de puntos de redes de distribución y conexiones domiciliarias.....	113
Figura 50. Día 4 del levantamiento topográfico – ubicación para un mayor alcance.....	113
Figura 51. Día 4 del levantamiento topográfico- toma de puntos de redes de distribución y conexiones domiciliarias.....	113
Figura 52. Inspección técnica de la captación, junto al operario del sistema de agua potable. Coordenadas UTM: Zona 17M, 817791.00 mE, 9238933.00 mN	114
Figura 53. Vista panorámica de la captación en la evaluación hidráulica de este componente. Coordenadas UTM: Zona 17M, 817791.00 mE, 9238933.00 mN	114
Figura 54. Visita guiada al reservorio, junto al operario del sistema de agua potable. Coordenadas UTM: Zona 17M, 817696.72 mE, 9239019.05 mN.	115
Figura 55. Inspección interna del reservorio: Visualización de la tubería de ingreso de agua, tubería de rebose y sistema de cloración por goteo con boya.....	115
Figura 56. Inspección visual del Cerco Perimétrico del Reservorio de Santa Rosa	116
Figura 57. Medición de la Cámara Seca del Reservorio: Evaluación Visual del Componente.	116
Figura 58. Vista Interna y Evaluación Técnica de la Cámara de Válvulas del Reservorio. ..	117
Figura 59. Toma de medidas de la caseta de cloración del reservorio de Santa Rosa.....	117
Figura 60. Examinación del estado actual del tanque de cloración del Sistema de Santa Rosa.	118
Figura 61. Vista panorámica de la CRP-T7, junto al operario del sistema de agua potable. Coordenadas UTM: Zona 17M, 817,330.94 mE, 9,239,321.02mN	118
Figura 62. Vista interna de la CRP-T7 del sistema de agua potable. Coordenadas UTM: Zona 17M, 817,330.94 mE, 9,239,321.02mN	119
Figura 63. Evaluación visual del estado actual de la válvula en la cámara seca de la CRP-T7. Coordenadas UTM: Zona 17M, 817,330.94 mE, 9,239,321.02mN	119
Figura 64. Equipo técnico para realizar el Aforo Volumétrica del caudal de Agua proveniente de la captación Santa Rosa.....	120
Figura 65. Medición de caudal aplicando el Método Volumétrico: Uso de balde de 18 L y cronómetro para toma de tiempo.	120
Figura 66. Visualización del nivel del agua en el Reservorio a las 5 a.m. durante la apertura de válvulas para distribución.	121
Figura 67. Medición de los descensos del agua cada hora y registro en el libro de apuntes.	121

Figura 68. Nivel del agua a las 11 a.m.: Casi agotado, indicando un abastecimiento discontinuo.....	121
Figura 69. Instalación de manómetros en las viviendas muestrales para medición de presiones.	122
Figura 70. Inspección y toma de datos de las presiones en los manómetros instalados	122
Figura 71. Toma de datos de las presiones en las viviendas.....	122
Figura 72. Pre disposición de la población para la instalación de equipos para la toma de presiones en sus viviendas	123
Figura 73. Registro de datos en las viviendas muestrales.....	123
Figura 74. Verificación del funcionamiento correcto del manómetro y registro de datos en la Vivienda muestral	123
Figura 75. Registro de presiones bajas en las viviendas muestrales.....	124
Figura 76. Registro de presiones altas en las viviendas muestrales.....	124
Figura 77. Aplicación de las encuestas a miembros de la JASS.....	125
Figura 78. Encuestando a la población de Santa Rosa.....	125
Figura 79. Encuesta sobre el servicio, operación y mantenimiento del agua en Santa Rosa.	125
Figura 80. Recolección de opiniones a través de la aplicación de encuestas sobre el Sistema de Agua.....	126
Figura 81. Interacción con la comunidad: Evaluación de la Operación y Mantenimiento del Sistema de Agua	126
Figura 82. Aplicando las encuestas a la población e indagando sobre la continuidad del servicio.....	126

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

MVCS	: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.
JASS	: Junta Administradora de Servicios de Saneamiento.
INEI	: Instituto Nacional de Estadística e Informática (Perú).
CONAGUA	: Comisión Nacional del Agua (México).
CYTED	: Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.
UNESCO	: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
UTM	: Universal Transverse Mercator (sistemas de coordenadas).
DIRESA	: Dirección Regional de Salud.
OMS	: Organización Mundial de la Salud.
PVC	: Policloro de Vinilo.
DN	: Diámetro Nominal.
LMP	: Límites Máximos Permisibles.
UBS	: Unidades Básicas de Saneamiento.

RESUMEN

La presente investigación, tuvo como objetivo evaluar hidráulicamente el sistema de agua potable del caserío Santa Rosa en la provincia de Celendín. Para lograrlo, se llevó a cabo un levantamiento topográfico de la zona de influencia y de los componentes del sistema existente, así como mediciones de descensos en el reservorio, presiones en las viviendas y toma de muestras de agua. El sistema de agua potable se clasifica como una red abierta que abastece a 200 familias. La evaluación mostró que la captación está operativa, aunque presenta fisuras y deterioro, mientras que la línea de conducción está en buen estado. El reservorio de 27.64 m³ funciona, pero solo abastece máximo 6 horas al día y sus tapas sanitarias requieren mantenimiento. Además, las redes de distribución sufren problemas de presión debido a un diseño inadecuado y la falta de medición. El análisis de caudales indica que la capacidad del reservorio no cubre adecuadamente la demanda, especialmente en estiaje, agotándose antes del mediodía. El caudal medio de 1.58 l/s resulta insuficiente frente a picos de máxima demanda, lo que exige ajustes en el diseño para mejorar el abastecimiento. El caudal máximo diario calculado en base a los descensos medidos en el reservorio es de 1.95 l/s y el máximo horario es de 2.86 l/s, mientras que los coeficientes de variación K1 es de 1.24 y del k2 es de 1.81. En cuanto a la calidad del agua de la fuente "El Mutuy," aunque los parámetros fisicoquímicos cumplen con la normativa, los niveles de Coliformes Termotolerantes superan los límites permitidos, lo que sugiere la necesidad de tratamiento adicional. Finalmente, en las viviendas, los parámetros físicos y bacteriológicos están mayormente dentro de los límites, pero los niveles de cloro libre residual en mayo fueron insuficientes, indicando que es necesario mejorar la dosificación de cloro para garantizar la potabilidad. Llegando a la conclusión que el sistema de agua en Santa Rosa es deficiente, evidenciando la necesidad de implementar medidas correctivas y prontas mejoras para garantizar un suministro de agua adecuado y de calidad para la comunidad.

Palabras claves: Descensos, caudales, coeficientes de variación de consumo, almacenamiento inadecuado, calidad del agua.

ABSTRACT

The aim of this research was to hydraulically evaluate the drinking water system in the Santa Rosa hamlet in the province of Celendín. To achieve this, a topographic survey of the area of influence and existing system components was conducted, along with measurements of reservoir levels, household pressures, and water sampling. The drinking water system is classified as an open network serving 200 families. The evaluation showed that the water intake is operational, though it exhibits cracks and deterioration, while the conveyance line is in good condition. The 27.64 m³ reservoir functions but only supplies water for 6 hours a day, and its sanitary covers require maintenance. Additionally, the distribution network experiences pressure issues due to inadequate design and lack of measurement. Flow analysis indicates that the reservoir's capacity does not adequately meet demand, particularly during low flow periods, exhausting its supply before noon. The average flow rate of 1.58 l/s is insufficient during peak demand periods, requiring design adjustments to improve supply. The maximum daily flow rate calculated from measured reservoir declines is 1.95 l/s, and the maximum hourly flow rate is 2.86 l/s, with variation coefficients K1 at 1.24 and K2 at 1.81. Regarding the water quality from the "El Mutuy" source, while physicochemical parameters meet regulations, thermotolerant coliform levels exceed permitted limits, indicating the need for additional treatment. Finally, in the households, physical and bacteriological parameters are mostly within limits, but residual chlorine levels in May were insufficient, suggesting a need to improve chlorine dosing to ensure potability. The conclusion is that the water system in Santa Rosa is deficient, highlighting the need for corrective measures and prompt improvements to ensure an adequate and high-quality water supply for the community.

Keywords: Declines, flows, consumption variation coefficients, inadequate storage, water quality.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Gastañaga (2018) afirma que, ante el crecimiento demográfico, el agua se ha convertido en un recurso cada vez más escaso. El aumento significativo de la población ocasiona una mayor demanda y ha puesto el tema del agua en el centro de la investigación, especialmente en la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento del recurso; por lo tanto, es una necesidad pública preservar y mantener un suministro permanente del recurso con la seguridad y las exigencias de calidad que aseguren la vida de nuestra población. También señala que, no solo es la disponibilidad y el acceso al agua el problema principal, sino que también trae consigo serios problemas de contaminación, tanto de naturaleza química como biológica. La corrección de esta contaminación requiere una intervención inmediata. El autor presenta cifras alarmantes sobre enfermedades diarreicas relacionadas directamente con la calidad del agua disponible y el servicio brindado en los sistemas de agua potable a nivel del Perú, causando alrededor del 3,6% del total de años de vida ajustados en función de la discapacidad debido a enfermedades y causando 1,5 millones de fallecimientos cada año (p. 181).

Según Gleick (2019), la administración del agua es un desafío global que requiere una gestión eficiente y sostenible de los recursos hídricos. En su libro *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*, analiza las diferentes dimensiones de la crisis del agua a nivel mundial y resalta la importancia de adoptar enfoques integrales para la administración del agua, que incluyan la conservación, el uso eficiente y equitativo, y la protección de los ecosistemas acuáticos. En línea con esta perspectiva, el Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos (UNESCO, 2020) destaca la necesidad de fortalecer las capacidades institucionales y políticas para una administración efectiva del agua, así como la importancia de involucrar a múltiples actores, incluyendo gobiernos, sociedad civil y sector privado, en la toma de decisiones relacionadas con el agua.

En Perú, el acceso al agua potable sigue siendo un problema significativo, especialmente en los sectores rurales. El Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) reporta que una gran parte de la población rural no cuenta con servicios de agua potable de calidad. Las disparidades en el acceso al agua entre las zonas urbanas y rurales resaltan la necesidad urgente de mejorar los sistemas de abastecimiento y asegurar la calidad del agua para toda la población (INEI, 2018).

En el departamento de Cajamarca, y específicamente en el distrito de Celendín, la situación es crítica. La falta de un sistema de abastecimiento de agua eficiente y seguro ha afectado a la comunidad, comprometiendo su salud y bienestar en los años 2022 y 2023.

En el caserío de Santa Rosa, el acceso al agua potable es un tema crítico para la comunidad debido a los desafíos que enfrentan en términos de calidad, disponibilidad y acceso equitativo. Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2018), la falta de acceso a agua potable de calidad afecta a una parte significativa de la población rural en el Perú, incluyendo comunidades como la de Santa Rosa. Además, estudios realizados por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2023) señalan que el acceso a agua potable segura es fundamental para la salud pública y el desarrollo humano.

Por esta razón, es esencial evaluar el sistema de agua potable del caserío de Santa Rosa durante el año 2023 y verificar su cumplimiento con lo establecido en las "Opciones Tecnológicas de Saneamiento para el Ámbito Rural", como norma técnica del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, así como con el capítulo de "Obras de Saneamiento" del Reglamento Nacional de Edificaciones; además, resulta fundamental analizar el sistema para identificar posibles áreas de mejora y asegurar un suministro adecuado, eficiente y seguro para la población.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo está el funcionamiento del sistema de agua potable del caserío de Santa Rosa, distrito y provincia de Celendín -Cajamarca?

1.3. Hipótesis de investigación

El sistema de agua potable en la localidad de Santa Rosa es deficiente.

1.3.1. Variables

La investigación tiene una sola variable, que es la “evaluación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío de Santa Rosa, distrito y provincia de Celendín, Cajamarca, 2023.”

1.4. Justificación de la investigación

El contexto de esta investigación se centra en el sistema de abastecimiento de agua potable en el caserío de Santa Rosa, del distrito y provincia de Celendín. Autores como García (2019), Saldaña (2019) y Espinoza (2018) han documentado desafíos significativos en esta comunidad, incluyendo la mala calidad del agua, infraestructura de distribución deficiente y una gestión inadecuada del recurso hídrico. Estos problemas generan preocupaciones sobre la salud y el bienestar de los habitantes de Santa Rosa, ya que el consumo de agua contaminada puede llevar a enfermedades gastrointestinales y otras afecciones de salud. Es importante contar con información confiable sobre el estado actual del sistema de agua potable para tomar decisiones acertadas y promover políticas orientadas al desarrollo sustentable.

En 2023, la Red III Celendín de la Dirección Regional de Salud de Cajamarca reportó un total de 146 casos de enfermedades relacionadas con el agua en la población de entre 1 y 60 años de edad en la provincia de Celendín. A través de esta investigación, se busca generar información detallada sobre las condiciones actuales del sistema de agua potable en Santa Rosa, pues esto tiene un impacto directo en la reducción de enfermedades y en la calidad de vida de los habitantes, contribuyendo así al bienestar y desarrollo sostenible de la comunidad.

El servicio de agua potable es intermitente, con un acceso máximo de 6 horas al día, lo que plantea la necesidad de investigar por qué el suministro no es continuo durante las 24 horas. Además, hay familias que han solicitado nuevas conexiones, lo que refleja una demanda existente. Sin embargo, los miembros de la JASS no han autorizado estas nuevas conexiones debido a la falta de una evaluación técnica del sistema de agua.

1.5. Alcances o delimitación de la investigación

La investigación se centra en la evaluación hidráulica del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío de Santa Rosa, ubicado en el distrito y provincia de Celendín, departamento de Cajamarca.

El análisis se enfoca en las condiciones de infraestructura y funcionamiento del sistema de agua potable durante un periodo de tres meses, abarcando la evaluación hidráulica de cada componente del sistema para garantizar un acceso seguro y equitativo al agua potable para todos los habitantes de la comunidad.

La población objeto de estudio incluye al número total de conexiones domiciliarias que son abastecidas por el reservorio del sistema de agua potable de Santa Rosa, se incluye la atención a aquellos sectores más alejados.

1.6. Limitaciones de la investigación

El aforo del manantial se realizó durante la época de estiaje porque proporciona datos más representativos y útiles para la evaluación, diseño y gestión del sistema de agua potable.

La disponibilidad limitada de tiempo por parte del presidente de la JASS (Junta de Administración de Servicios de Saneamiento) restringió la realización de visitas y/o entrevistas.

No se realizaron análisis estructurales con el esclerómetro debido a la falta de permisos para picar los muros con tarrajeo de las estructuras, lo cual limita la evaluación precisa de la integridad estructural de los componentes del sistema de agua potable.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Evaluar hidráulicamente el sistema de agua potable del caserío de Santa Rosa del distrito y provincia de Celendín, departamento de Cajamarca, 2023.

1.7.2. Objetivos específicos

- Caracterizar el caserío de Santa Rosa, distrito y provincia de Celendín, departamento de Cajamarca.
- Describir los componentes del sistema de agua potable del caserío Santa Rosa, distrito y provincia de Celendín, departamento de Cajamarca.
- Estimar los caudales de diseño del sistema de agua potable del caserío Santa Rosa.
- Evaluar hidráulicamente cada componente del sistema de agua potable del caserío Santa Rosa.
- Evaluación de la Operación y Mantenimiento del sistema de agua potable del caserío Santa Rosa.
- Comparar los resultados obtenidos de los parámetros físicos y bacteriológicos con los Anexos I, II y III del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA).
- Plantear propuestas de mejora para el diseño actual del sistema de agua potable del caserío Santa Rosa.

1.8. Descripción de los capítulos de la investigación

1.8.1. Capítulo I: Introducción

En este capítulo se presenta el contexto general de la investigación, incluyendo la problemática, los objetivos, la justificación y la relevancia del estudio. También se establecen las preguntas de investigación e hipótesis a abordar.

1.8.2. Capítulo II: Marco teórico

El Capítulo II aborda los antecedentes locales, nacionales e internacionales relacionados con la investigación, facilitando comparaciones y enlaces entre ellos. También incluye bases teóricas sobre evaluación hidráulica y componentes de un sistema de agua, junto con la definición de términos básicos.

1.8.3. Capítulo III: Materiales y métodos

En este capítulo se presenta la zona de estudio, los materiales, herramientas, técnicas y procedimientos utilizados para llevar a cabo la investigación. Se describe la metodología empleada, incluyendo el diseño del estudio, la población y muestra, la recolección y análisis de datos, entre otros aspectos metodológicos.

1.8.4. Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados

En este capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos en campo sobre la evaluación hidráulica del sistema de agua potable. Se discuten los hallazgos y se relacionan con el marco teórico, sacando conclusiones y generando interpretaciones relevantes.

1.8.5. Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones

En este último capítulo se resumen las conclusiones principales derivadas de la investigación y se formulan recomendaciones basadas en los resultados obtenidos. Se enfatiza en la importancia de los hallazgos y se sugieren acciones o medidas a tomar en base a ellos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Fragoso et al. (2016) en su artículo “La sectorización en redes de agua potable para mejorar su eficiencia hidráulica”, describen un proyecto cuyo objetivo fue realizar la sectorización de la red de agua potable del sector MHO-31 de la delegación Miguel Hidalgo de la Ciudad de México, para mejorar la entrega, distribución y control de caudales mediante, entre otros accesorios, la instalación de válvulas de seccionamiento y reguladoras de presión. El análisis hidráulico del proyecto fue desarrollado utilizando el software EPANET, la calibración del modelo se llevó a cabo tomando en cuenta las pérdidas de agua y los caudales, ajustándose a los datos obtenidos en campo y al coeficiente del emisor. La simulación de la red incluyó tanto su diseño inicial, con las válvulas reguladoras de presión abiertas, como su configuración en funcionamiento activo. Este enfoque permitió reducir significativamente las fugas, recuperando un volumen de 14,262 litros diarios.

Santos et al. (2017) efectuaron un estudio denominado “Mejora de la eficiencia hidráulica y la gestión del suministro de agua potable mediante la sectorización en un sector urbano de Sao Paulo, Brasil”, con el objetivo de mejorar la eficiencia hidráulica y la gestión del suministro de agua potable en un sector urbano específico. El proyecto consistió en la implementación de un sistema de sectorización en la red de distribución de agua potable mediante la instalación de válvulas de seccionamiento y reguladoras de presión. Para analizar el comportamiento del sistema y optimizar su funcionamiento, se emplearon herramientas de modelado hidráulico. La calibración del modelo se realizó utilizando datos de caudal, presión y pérdidas de agua medidos en campo. Posteriormente, se simularon diferentes escenarios de operación de las válvulas para evaluar su impacto en la eficiencia del sistema y la reducción de las pérdidas. Como resultado, se logró una mejora significativa en la eficiencia hidráulica de la red, con una reducción notable en las pérdidas de agua no contabilizadas. El sistema de sectorización y control de presión permitió una gestión más eficiente del suministro, garantizando un servicio de agua potable más confiable y sostenible para la comunidad urbana involucrada.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Vera (2018) evaluó la velocidad de flujo y la presión de carga en conexiones de la red de distribución de agua potable en el distrito de Chupaca, provincia de Chupaca, en el

departamento de Junín. Utilizó tres softwares diferentes e independientes: WaterCAD, Epanet y WatDIS, conocidos como métodos computacionales convencionales. La investigación se enfocó en un tipo de investigación aplicada, nivel de investigación explicativa, método de investigación científico y diseño de investigación no experimental transversal. Los resultados obtenidos mostraron que los tres métodos computacionales convencionales son útiles para el análisis del comportamiento hidráulico, coincidiendo en los resultados. Estos métodos demostraron que la red de distribución de agua potable de Chupaca presenta tuberías y nudos que no satisfacen los requerimientos hidráulicos exigidos por la normativa, lo que resulta en un mal funcionamiento como sistema integrado. Estos efectos negativos pueden ser corregidos a través de un diseño optimizado.

Vilcas (2022) en su estudio "Mejoramiento del sistema de agua potable en las localidades de Huaquish y Pocor del distrito de Pararin - provincia de Recuay - departamento de Ancash en su etapa I, 2021", se planteó el objetivo de mejorar el plan de traslado de agua potable para satisfacer las necesidades básicas en las zonas rurales. Durante este análisis, se evidenciaron los cambios en el sistema de conducción de agua, donde la resección se llevó a cabo en las laderas geográficas, y las filas de movimientos del traslado del agua se realizaron en tuberías PVC de 1 ½". El reservorio fue diseñado con una capacidad máxima según el requerimiento técnico, la cual abastece a las localidades en estudio. En la línea de aducción y red de distribución se emplearon tuberías PVC de 1 ½", 1" y ¾". Finalmente, el mejoramiento del sistema de agua potable para las zonas rurales satisfizo los requerimientos básicos de los pobladores de las localidades de Huaquish y Pocor del distrito de Pararin, provincia de Recuay, departamento de Ancash en su etapa I, 2021.

Tasaico (2018) en su tesis "Mejoramiento del Sistema de Agua Potable en Subsector 07, Sector IV en la Ciudad de Tacna", se planteó el objetivo de replantear la red de distribución de agua potable en el sector IV, subsector 7 de la ciudad de Tacna, para satisfacer en cantidad y calidad las necesidades de la población de la zona, cumpliendo siempre con la normativa vigente. El proyecto se llevó a cabo mediante el análisis y diseño de una nueva red propuesta con el software WaterCAD v10. Los problemas fueron solucionados al reorganizar la red en tres ramales con niveles similares y agregar dos cámaras reductoras de presión. Además, con mediciones de caudal, análisis de facturación y encuestas, se propuso un servicio continuo para mejorar el abastecimiento del subsector. Como resultado final, se diseñó una única red de agua potable que integra los subsectores SS07 y SS06, con un caudal promedio ajustado al consumo actual.

2.1.3. Antecedentes locales

Delgado y Huamán (2021) en su investigación denominada “Eficiencia hidráulica de la red de distribución de agua potable del sector Fila Alta – Jaén”, determinaron la eficiencia hidráulica de la red de distribución de agua potable del sector Fila Alta. En primer lugar, recolectaron información como el expediente técnico y otros estudios previos en este sector. Luego realizaron visitas técnicas a la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP), líneas de aducción, redes de distribución y a los beneficiarios para evaluar tres parámetros principales de eficiencia hidráulica: calidad del agua suministrada, régimen de presiones y continuidad del servicio. Los resultados mostraron que la calidad del agua cumple con los parámetros requeridos según los análisis físico-químicos realizados por la DISA - Jaén en 2019. Sin embargo, el régimen de presiones no es adecuado según las mediciones en campo comparadas con los resultados del modelamiento hidráulico actual, y el servicio de agua no es continuo en dicho sector. Se concluyó que la red de distribución de agua potable del sector Fila Alta en Jaén es hidráulicamente ineficiente y no cumple con los parámetros establecidos. Por lo tanto, se recomienda realizar un nuevo diseño con nuevos reservorios para garantizar el abastecimiento continuo de agua durante todo el día al sector de Fila Alta.

En el estudio realizado por Albarrán (2019), se evaluaron los sistemas de abastecimiento de agua potable en Bellavista y San Sebastián, localizados en la localidad de Shirac, Distrito de José Manuel Quiroz, Provincia de San Marcos - Cajamarca. El objetivo fue evaluar el funcionamiento de la red utilizando una metodología descriptiva, el programa WaterCAD y verificando las presiones con datos obtenidos en campo. Además, se realizaron mediciones para determinar el caudal de consumo utilizado en el modelo. La evaluación se centró en dos componentes: Infraestructura (Diagnóstico y Operación) y Gestión, utilizando indicadores para obtener una valoración del funcionamiento de cada sistema. El resultado del modelado hidráulico reveló la existencia de zonas en ambos sistemas con presiones excesivas en las viviendas, lo que perjudica a los usuarios y a la administración, elevando los costos de mantenimiento. Se concluyó que los sistemas de suministro de agua potable en la localidad de Shirac presentan deficiencias.

Bardales (2022) realizó una evaluación del sistema de agua potable en la localidad de Jesús, considerando aspectos como el estado actual del sistema, la gestión administrativa, operativa y de mantenimiento. Para su investigación, aplicó una metodología descriptiva que incluyó el uso de herramientas tecnológicas como GPS, manómetros, micromedidores, wincha y cronómetros. Además, empleó programas como WaterCAD 2019 para el

modelamiento hidráulico de las redes de distribución y AutoCAD 2018 para la elaboración de planos y dibujos. Sus hallazgos revelaron problemas significativos en el sistema de agua potable, como la presión inadecuada en las tuberías, el uso no autorizado del agua en actividades no relacionadas con el consumo humano, la presencia de estructuras deterioradas, la falta de sistemas de micromedición en los hogares y fugas en las conexiones domiciliarias. Estos resultados destacan la necesidad de implementar medidas correctivas y de mejora para asegurar un suministro adecuado y de calidad a la comunidad de Jesús.

Cieza (2021) centró su investigación en evaluar hidráulicamente el estado y funcionamiento de cada uno de los componentes, como son las captaciones, reservorios, cámaras rompe presión, línea de conducción y red de distribución. El estudio tuvo como propósito evaluar el estado de la infraestructura hidráulica, su operación, mantenimiento, gestión administrativa y caracterizar los sistemas de agua potable de Chilimpampa Baja – Cajamarca. Se aplicó una metodología descriptiva utilizando herramientas como GPS, cámara fotográfica, manómetro, micromedidores y equipos para medir cloro y pH. Además, con el software Epanet 2.0, se analizaron las presiones en viviendas de la red de distribución. Se concluyó que el agua no recibe cloración oportuna y que, según los análisis físico-químicos y bacteriológicos, se detectaron coliformes, evidenciando la falta de cloración adecuada.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Evaluación hidráulica

La evaluación hidráulica se refiere al proceso de análisis y estudio de los sistemas hidráulicos para determinar su funcionamiento, eficiencia y capacidad de suministro de agua. Esto implica evaluar parámetros como caudal, presión, velocidad del flujo, pérdidas de carga y condiciones de operación de las redes de distribución de agua. La evaluación hidráulica es fundamental para garantizar un adecuado diseño, operación y mantenimiento de los sistemas de abastecimiento de agua potable, así como para identificar posibles mejoras y soluciones a problemas de funcionamiento. (Saldarriaga, 2015)

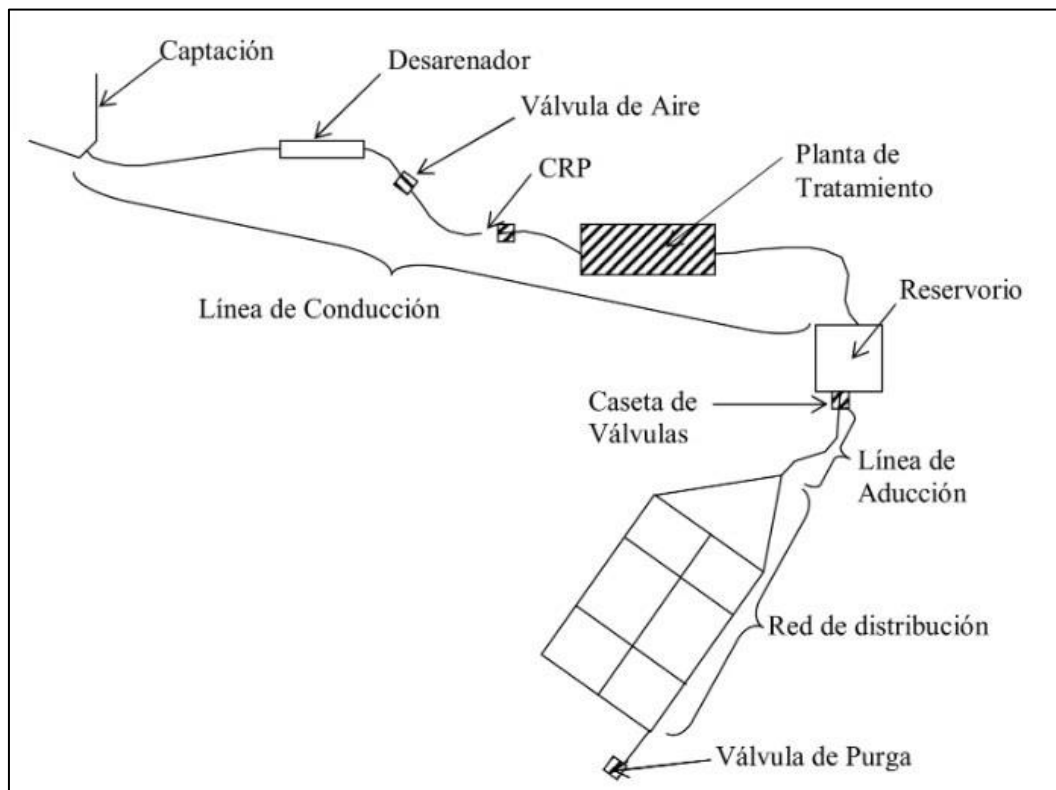
Según Ortega y Martínez (2018), la evaluación hidráulica es el análisis de la red de distribución de agua. Este análisis se centra en estudiar la infraestructura de tuberías, conexiones, válvulas y otros elementos que componen el sistema de distribución de agua potable. El objetivo es evaluar la eficiencia hidráulica de la red, identificar posibles puntos de pérdida de presión, determinar la capacidad de suministro y detectar áreas de mejora para optimizar el funcionamiento del sistema.

2.2.2. Sistema de abastecimiento de agua potable

Un sistema de agua potable abarca las instalaciones requeridas para la captación, transporte, tratamiento, almacenamiento y distribución del agua, proveniente de fuentes naturales, hacia los hogares. Su adecuado diseño mejora la salud, calidad de vida y desarrollo de la comunidad. Por ello, es fundamental que dichos sistemas cumplan con las normativas vigentes para garantizar su operación eficiente y segura (Cardenas & Patiño, 2010, pág. 1).

Jiménez (2013) señala que la principal finalidad de un sistema de agua potable es proporcionar a la población de una localidad agua en cantidades suficientes y con la calidad necesaria para cubrir sus necesidades. Esto se debe a que el agua es esencial para la vida, ya que los seres humanos estamos compuestos aproximadamente en un 70% por este elemento vital (p. 16).

Figura 1. Configuración típica de un sistema de abastecimiento de agua en zona rural



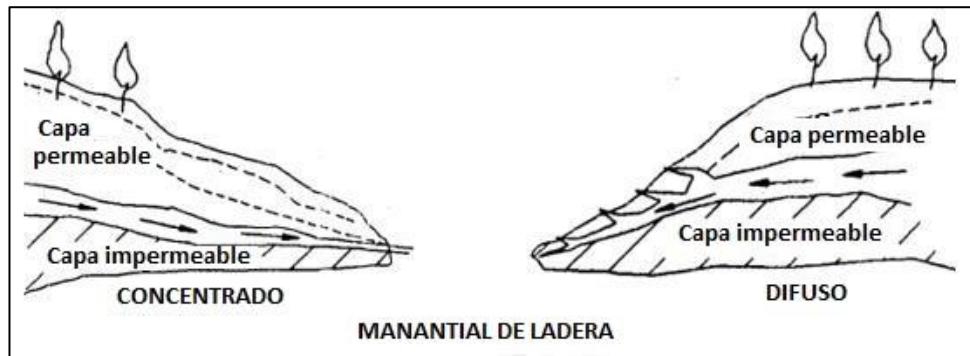
Fuente: Adaptado de CONAGUA (2007). Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento – Redes de distribución. (p. 10)

2.2.3. Fuentes de abastecimiento

Se entiende por fuentes de abastecimiento de agua aquel punto o fase del ciclo natural del cual se desvía o aparta temporalmente el agua para su uso, y luego es devuelta finalmente a la naturaleza. Para el abastecimiento público del agua, se utilizan comúnmente tanto los

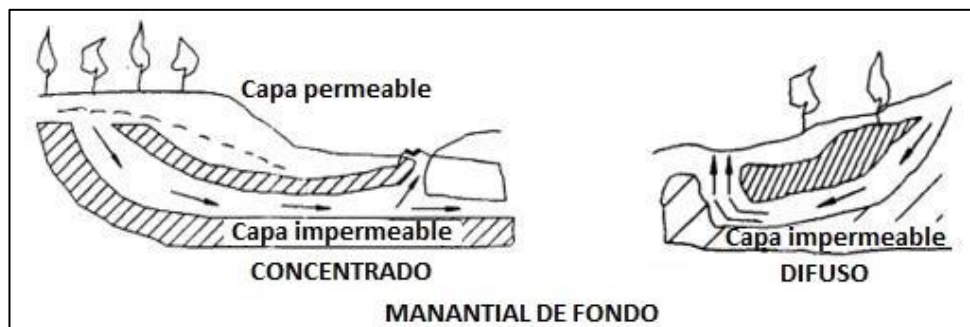
recursos superficiales como los subterráneos. Al elegir entre una u otra, es necesario considerar diversas razones, como la calidad, la cantidad disponible, la seguridad del abastecimiento y los costos de construcción y operación (Navarro, 2015, pág. 7).

Figura 2. Manantial de ladera



Fuente: Pérez de la Cruz, F. (2011). Abastecimientos de agua. Tema 3 – Captación de aguas subterráneas. (p. 10)

Figura 3. Manantial de fondo



Fuente: Pérez de la Cruz, F. (2011). Abastecimientos de agua. Tema 3 – Captación de aguas subterráneas. (p. 10)

2.2.4. Disponibilidad de agua para consumo

Según el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, la cantidad de agua disponible para consumo está determinada en función del sistema seleccionado para la disposición de excretas. Esta cantidad varía según el tipo de tecnología empleada, siendo de 30 l/hab.d cuando se utiliza agua de lluvia, de 50 a 70 l/hab.d cuando no hay arrastre hidráulico en el sistema de disposición de excretas, y de 80 a 100 l/hab.d cuando se emplea un sistema con arrastre hidráulico. Además, se contempla la posibilidad de que la familia tenga acceso a un pozo propio de agua, además del suministro previsto por el proyecto de saneamiento rural (R.M N° 192-2018-Vivienda, 2018).

Sobre las dotaciones a evaluar, la R.M N° 192-2018-Vivienda (2018) lo clasifican en dos grupos:

- Primer grupo: Se refiere a familias que se abastecen de agua, donde la dotación se encuentra dentro del rango de 50 a 70 l/hab.d, debido a que el sistema de tratamiento de excretas implementado no incluye el uso de arrastre hidráulico..
- Segundo grupo: Incluye familias que se abastecen de agua, donde la dotación es mayor de 80 l/hab.d pero no excede los 100 l/hab.d, debido a que el sistema de tratamiento de excretas en este caso incluye el arrastre hidráulico. (p. 16)

Tabla 1. Dotación de agua según forma de disposición de excretas

Región geográfica	Dotación – UBS sin arrastre hidráulico (l/hab.d)	Dotación – UBS con arrastre hidráulico (l/hab.d)
Costa	60 l/h/d	90 l/h/d
Sierra	50 l/h/d	80 l/h/d
Selva	70 l/h/d	100 l/h/d

Fuente: Norma Técnica de diseño: Opciones Tecnológicas de Saneamiento para el Ámbito Rural

Tabla 2. Dotación de agua por tipo de abastecimiento

Tecnología no convencional	Dotación (l/hab.d)
Agua de lluvia	30

Fuente: Norma Técnica de diseño: Opciones Tecnológicas de Saneamiento para el Ámbito Rural, MVCS

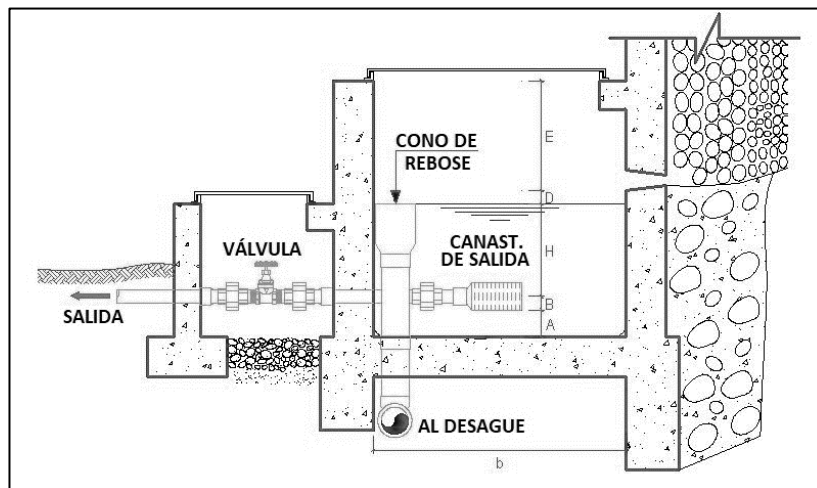
2.2.5. Captación de agua

Agüero (1997) la captación es una estructura destinada a recolectar el agua, la cual es luego transportada a través de las tuberías de conducción hacia el reservorio de almacenamiento. Es esencial que este componente esté diseñado con características que faciliten el control adecuado del agua, permitan la sedimentación, garanticen su estabilidad estructural, prevengan contaminaciones futuras y ofrezcan facilidad para la inspección y operación.

En la región sierra del Perú, es común encontrar proyectos de agua y saneamiento que aprovechan las aguas subterráneas mediante el diseño de captaciones tipo ladera o de fondo, sobre todo en localidades rurales. Además, ocasionalmente se emplean las captaciones tipo bocatoma, diseñadas específicamente para captar aguas superficiales, como ríos o arroyos, y son especialmente útiles en áreas donde la disponibilidad de agua subterránea es limitada o irregular.

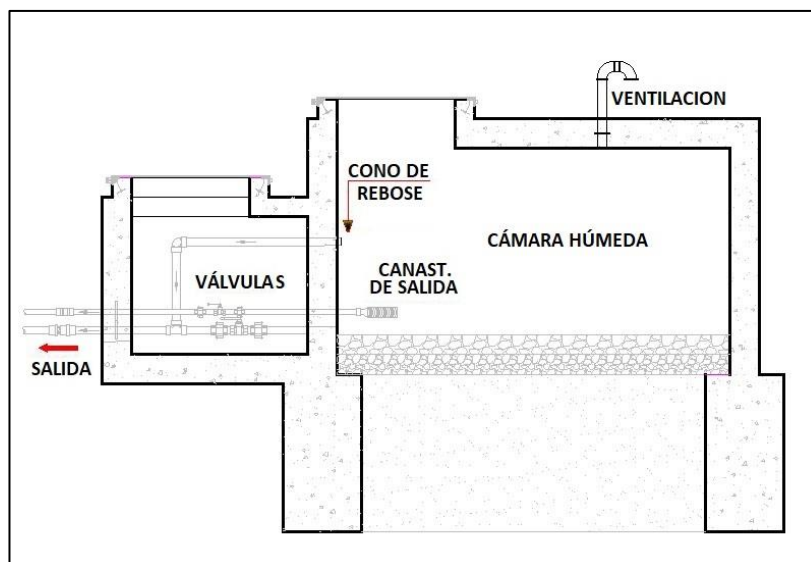
Es preciso indicar que, para dimensionar correctamente cualquier captación de agua, es imprescindible conocer el caudal máximo de la fuente de agua.

Figura 4. Cámara de captación de un manantial de ladera y concentrado



Fuente: Agüero Pittman, R. (1997). Agua potable para poblaciones rurales. (p. 38)

Figura 5. Cámara de captación de un manantial de fondo y concentrado



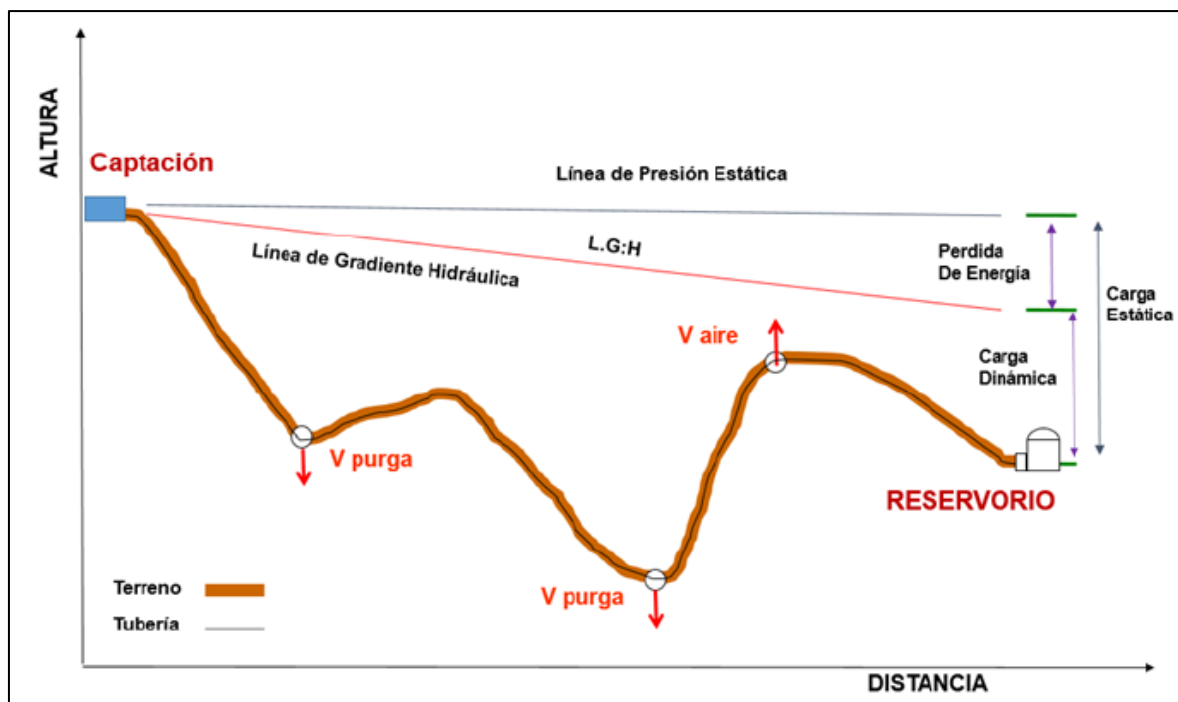
Fuente: Agüero Pittman, R. (1997). Agua potable para poblaciones rurales. (p. 39)

2.2.6. Línea de conducción

La línea de conducción es el componente encargado de trasladar el agua desde el punto de captación hasta el reservorio o la planta de tratamiento de agua potable. Su diseño debe considerar el caudal máximo diario, e incluir elementos como anclajes, válvulas de purga, válvulas de aire, cámaras rompe presión, cruces aéreos y sifones. El material generalmente recomendado es PVC, aunque en condiciones especiales o expuestas, se debe optar por materiales más resistentes (R.M N° 192-2018-Vivienda, 2018).

El diseño de las líneas de conducción de agua se basa en diferentes métodos de cálculo. Generalmente, se determina el diámetro de la tubería considerando las pérdidas de carga, las cuales dependen del caudal que se transportará y el material de la tubería. Las pérdidas de carga se calculan utilizando las fórmulas de Darcy-Weisbach, Scobey, Manning o Hazen-Williams. Las tuberías pueden operar bajo dos condiciones: bombeo o gravedad. Para este estudio, se analizará únicamente la presión debida a la gravedad, es decir, la diferencia de altura entre los puntos de la línea de conducción (SAGARPA, 2016, pág. 2).

Figura 6. Perfil de Línea de Conducción



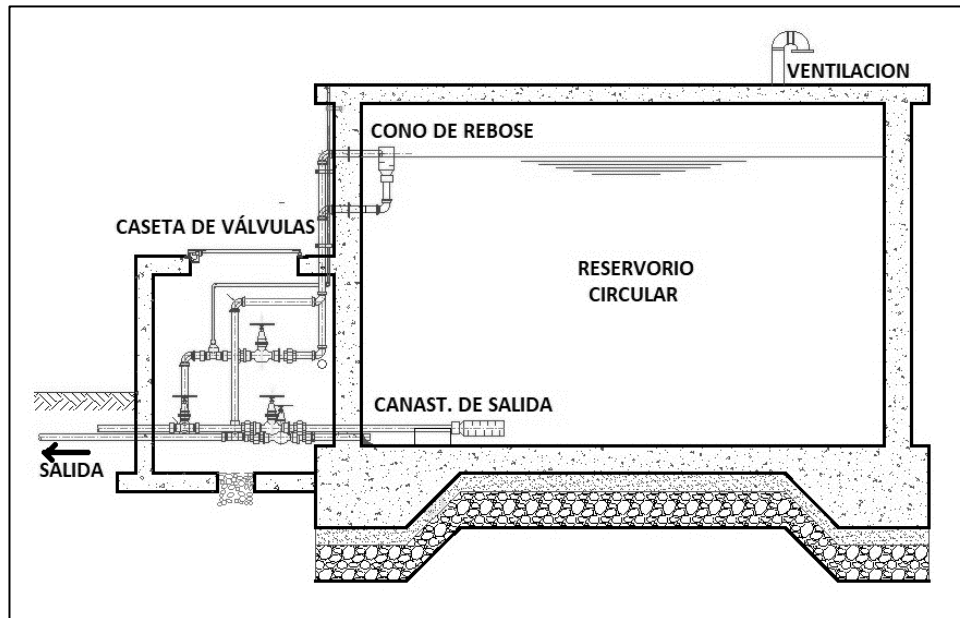
Fuente: Norma técnica de diseño: Opciones Tecnológicas de Saneamiento para el Ámbito Rural. (p. 76)

2.2.7. Reservorio

Agüero (2004) menciona que un reservorio de almacenamiento es una estructura que sirve para almacenar agua destinada al consumo humano y para abastecer a la población. Estos reservorios forman parte esencial de los sistemas de abastecimiento de agua potable, siendo su principal objetivo asegurar un suministro continuo y seguro de agua para diversos usos, incluyendo el doméstico. Además de cumplir esta función, los reservorios también son clave para mantener una presión adecuada en las redes de distribución y proporcionar un servicio eficiente. Por esta razón, su ubicación estratégica dentro del sistema de agua potable es fundamental. Estos reservorios se alimentan a través de las Líneas de Conducción provenientes de las captaciones de agua. En su estructura, el reservorio de almacenamiento

consta de dos partes: el depósito de almacenamiento y la caseta de válvulas. En la caseta de válvulas se encuentran ubicadas las válvulas de control de entrada y salida del agua, las válvulas de limpieza y rebose, así como la válvula de by pass, todas ellas esenciales para el funcionamiento eficiente del reservorio.

Figura 7. Reservorio de almacenamiento



Fuente: Norma técnica de diseño: Opciones Tecnológicas de Saneamiento para el Ámbito Rural. (p. 115)

2.2.8. Red de distribución

Se trata del sistema de tuberías, accesorios y estructuras que transportan el agua desde los tanques de distribución o servicio hasta las conexiones domiciliarias o hidrantes públicos. Su objetivo es suministrar agua para diversos usos, como consumo doméstico, público, comercial, industrial y para situaciones excepcionales, como la extinción de incendios.

Agüero (2004) sostuvo que para lograr su diseño, es necesario definir y plantear posibles ubicaciones de un reservorio de almacenamiento de agua para así poder proveer el agua con presión y en cantidad adecuadas a los diferentes puntos de la red; primero se ha de generar ubicaciones posibles para el reservorio de almacenamiento el cual provea de la cantidad de agua necesaria y de una adecuada presión para cada punto establecido de la red, del mismo modo, para definir las cantidades de agua se ha tenido que determinar el Consumo Máximo Horario (Qmh), el cual fue determinado en base a las dotaciones siempre considerando las situaciones más perjudiciales. Se deben mantener presiones de servicios mínimos que puedan llevar agua a todas las viviendas de la población determinada, sin

importar su ubicación (sobre todo en las partes altas como viviendas en cerros) como también un control de presiones máximas (en partes bajas) para que así, sin causar daños permita el uso del servicio sin ningún inconveniente. (pág. 93)

2.2.9. Conexión Domiciliaria

Una conexión domiciliaria de agua potable es el conjunto de tuberías y accesorios que permite llevar el agua potable desde la red pública hasta una vivienda. Esta conexión, por lo general está compuesta por tuberías de PVC, válvulas, medidores y dispositivos de control, que facilitan el flujo y la regulación del agua dentro del hogar. Por lo general en las zonas rurales no se instala un dispositivo para medir el consumo en las viviendas lo que genera un uso menos controlado y una mayor dificultad para gestionar eficientemente el suministro.

2.2.10. Levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico es un proceso técnico que permite obtener una representación detallada y precisa del terreno y sus características. Este procedimiento es esencial para el diseño y construcción de estructuras e infraestructuras, ya que proporciona información sobre la forma, dimensiones y ubicación de los elementos del terreno. Además, facilita la planificación y ejecución de proyectos de ingeniería, permitiendo una adecuada evaluación de los recursos y condiciones del sitio.

Según Wolf y Ghilani (2012), "el levantamiento topográfico implica la medición y representación gráfica de las características físicas del terreno, incluyendo la elevación, las distancias horizontales y las ubicaciones de puntos específicos en la superficie terrestre" (p. 3).

2.2.11. Eficiencia Hidráulica

(CONAGUA, 2015) define la eficiencia hidráulica como la relación entre la capacidad de captación, conducción y distribución del agua con la que cuenta un sistema hidráulico de abastecimiento de agua, y la capacidad real con la que funciona dicho sistema. No hay un indicador específico para determinar el valor de la eficiencia hidráulica; sin embargo, la manera más práctica de valorarla es a través de algunos parámetros sobre la disponibilidad espacial y temporal del agua al usuario.

Algunos de estos parámetros son:

- Consumo unitario de los usuarios, L/ (hab.d).
- Dotación, L/hab. d).
- Continuidad del servicio de agua (h/d).

- Déficit entre el caudal de agua disponible en la red y el caudal de agua requerido por los usuarios (\pm por ciento).
- Presión media del agua en la red de distribución (kg/cm²).

2.2.12. Elaboración de la evaluación de la eficiencia hidráulica

Se llevará a cabo un diagnóstico del sistema de la red de distribución de agua potable para determinar su eficiencia hidráulica, mediante las siguientes actividades de análisis:

- Identificar las características de la población actual.
- Describir el funcionamiento del área de estudio.
- Consultar con los planos de la red de distribución para poder actualizarlos.
- Calcular los gastos de la población, dotación.
- Determinar el balance volumétrico de la red de distribución actual.

2.2.13. Calidad del agua del sistema de abastecimiento de agua potable

Con el objetivo de proteger y promover la salud y el bienestar de la población, la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) elaboró en 2010 el “Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano”. Este reglamento, además de establecer los límites máximos permisibles para los distintos parámetros del agua destinada al consumo humano, garantiza el cumplimiento de estándares que aseguran la calidad del recurso.

A continuación, se indica los parámetros a evaluar para determinar la calidad del agua para el presente proyecto:

Tabla 3. Límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos y parasitológicos

Parámetros	Unidad de Medida	Límite máximo permisible
Bacterias coliformes totales	UFC/100 mL a 35°C	0 (*)
Bacterias coliformes termo tolerantes o fecales	UFC/100 mL a 44,5°C	0 (*)
Bacterias Heterotróficas	UFC/mL a 35°C	500
Huevos y larvas de Helmintos, quistes y ooquistes de protozoarios patógenos	Nº org/L	0
Virus	UFC / mL	0
Organismos de vida libre	Nº org/L	0

UFC = Unidad formadora de colonias

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

Fuente: DS 031-2010-SA

Tabla 4. Límites máximos permisibles de parámetros de calidad organoléptica

Parámetros	Unidad de Medida	Límite máximo permisible
Olor	---	Aceptable
Sabor	---	Aceptable
Color	UCV escala Pt/Co	15
Turbiedad	UNT	5
pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
Sólidos totales disueltos	mgL-1	1 000
Cloruros	mg Cl - L-1	250
Sulfatos	mg SO4 = L-1	250
Dureza total	mg CaCO3 L-1	500
Amoniaco	mg N L-1	1,5
Hierro	mg Fe L-1	0,3
Manganeso	mg Mn L-1	0,4
Aluminio	mg Al L-1	0,2
Cobre	mg Cu L-1	2,0
Zinc	mg Zn L-1	3,0
Sodio	mg Na L-1	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

Fuente: DS 031-2010-SA

2.2.14. Operación y mantenimiento de un sistema de agua

La Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) es la entidad encargada de la operación y mantenimiento del sistema de agua potable, tal como lo establece la Ley de Servicios de Saneamiento N° 26338. El operador o la operadora designada por la JASS es la persona capacitada para asegurar el correcto funcionamiento y mantenimiento de las instalaciones del sistema.

Entre sus responsabilidades principales se incluyen:

- Realizar las tareas necesarias para la operación y el mantenimiento adecuado del servicio.
- Inspeccionar de manera regular cada componente del sistema de agua.
- Rendir cuentas a la JASS sobre el estado general del sistema.
- Mantener un registro y control de las actividades de operación y mantenimiento, presentando un informe mensual.

- Informar a la JASS sobre las necesidades de materiales, herramientas, repuestos e insumos esenciales para garantizar el buen funcionamiento del sistema.
- Ser la única persona autorizada para operar las válvulas de control del sistema de agua potable.

2.2.15. Caracterización del Caserío

Es el proceso de identificación y descripción de los aspectos demográficos, sociales, económicos y culturales de un caserío o área geográfica, con el fin de entender su dinámica y necesidades específicas.

2.2.15.1. Población

Es el conjunto de personas que habitan en un área determinada, como el caserío de Santa Rosa, con características sociodemográficas (edad, sexo, nivel educativo, etc.) y sociales específicas.

2.2.15.2. Caserío

Pequeña localidad rural, generalmente con población y extensión territorial limitadas, que se encuentra bajo la jurisdicción de un distrito o provincia mayor. El caserío suele tener una estructura social y económica sencilla, enfocada en actividades locales.

2.2.15.3. Servicios Públicos

Infraestructura y recursos provistos por el estado o entidades privadas para satisfacer las necesidades básicas de la población, como agua potable, electricidad, saneamiento, educación y salud.

2.2.15.4. Instituciones Públicas y Privadas

Entidades establecidas y administradas por el Estado en el caso de instituciones públicas, y por organizaciones no gubernamentales en el caso de instituciones privadas, para proveer servicios de educación inicial, primaria, secundaria y estudios superiores a la población del caserío de Santa Rosa.

2.2.15.5. Ocupación Principal

Actividades económicas predominantes que desarrollan los habitantes de una región, lo cual define su fuente de ingresos y desarrollo. En zonas rurales, esto puede incluir agricultura, ganadería, comercio, entre otros.

2.2.15.6. Producción Principal

Bienes y servicios generados por la población local como resultado de sus actividades económicas.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Agua potable

Según la Organización Mundial de la Salud (2018), es aquella que reúne condiciones óptimas en cuanto a su calidad microbiológica, química y física, garantizando así su idoneidad para el consumo humano. Es decir que, el agua potable cumple con los estándares de calidad establecidos en las normativas sanitarias vigentes del país, asegurando la salud y bienestar de quienes la consumen.

2.3.2. Infraestructura hidráulica

Se refiere al conjunto de obras y sistemas diseñados para la captación, almacenamiento, distribución y tratamiento del agua. Esto incluye estructuras como embalses, presas, redes de tuberías, estaciones de bombeo, plantas de tratamiento de agua, entre otros elementos, que son fundamentales para garantizar el suministro y la gestión adecuada del recurso hídrico (Barrera, 2020).

2.3.3. Presión del agua

Es la fuerza que ejerce el agua sobre las paredes de los conductos por los que fluye, como tuberías o canalizaciones. Esta presión es importante en sistemas de abastecimiento de agua potable y riego, ya que afecta la velocidad y el volumen de flujo del agua, así como la capacidad de distribución y la eficiencia del sistema (Lopez, 2018).

2.3.4. Descensos del agua

Se refieren a la disminución de la presión del agua en un sistema de distribución, que puede ocurrir debido a diversos factores como la distancia recorrida por el agua en las tuberías, la altura de elevación en sistemas de bombeo, la presencia de obstrucciones en las tuberías, entre otros. Los descensos del agua pueden afectar el funcionamiento adecuado de un sistema de abastecimiento, ya que una presión insuficiente puede reducir el flujo de agua y causar problemas en la distribución y suministro de agua a los usuarios.

2.3.5. Coeficientes de variación de consumo K1

Es un parámetro utilizado en el análisis estadístico de los consumos de agua dentro de un sistema de distribución. Se calcula como la relación entre la desviación estándar y la media de los consumos registrados en un período determinado. Este coeficiente proporciona información sobre la dispersión de los consumos, es decir, la variabilidad en los niveles de consumo de agua, lo cual es útil para comprender patrones de demanda y planificar estrategias de gestión eficiente de los recursos hídricos (INEI, 2021).

2.3.6. Coeficientes de variación de consumo K2

Es otro parámetro utilizado en el análisis estadístico de los consumos de agua en un sistema de distribución. Se calcula como la relación entre la desviación estándar y la media de los consumos mensuales o anuales registrados en un periodo determinado. Este coeficiente permite evaluar la variabilidad estacional de los consumos, es decir, cómo varía la demanda de agua a lo largo del año, lo cual es crucial para la planificación y gestión eficiente de los recursos hídricos, especialmente en períodos de alta demanda (García, 2020).

2.3.7. Coliformes totales

Se trata de un conjunto de bacterias que se emplean como indicadores de la presencia de contaminación fecal en el agua. Estas bacterias son comunes en el intestino de mamíferos de sangre caliente y su presencia en el agua sugiere la posible contaminación por desechos orgánicos, incluidos los de origen humano y animal. La medición de coliformes totales es una parte importante de la evaluación de la calidad microbiológica del agua y se utiliza para determinar su idoneidad para usos como el consumo humano y recreativo (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2021).

2.3.8. Coliformes termotolerantes

Son un subgrupo específico de bacterias coliformes que tienen la capacidad de crecer y reproducirse a temperaturas más elevadas, generalmente alrededor de 44.5 - 45.5 grados Celsius. Estas bacterias son consideradas indicadores más específicos de contaminación fecal reciente en comparación con los coliformes totales, ya que su presencia en el agua indica una mayor probabilidad de contaminación por heces humanas o animales. La detección de coliformes termotolerantes es una parte importante de los análisis microbiológicos para evaluar la calidad del agua y determinar su idoneidad para usos como el consumo humano y recreativo (OMS, 2020).

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación de la zona de estudio:

3.1.1. Ubicación geográfica

Esta investigación se llevó a cabo en el sistema de abastecimiento de agua potable del caserío de Santa Rosa, situado en el distrito y provincia de Celendín, en el departamento de Cajamarca, Perú. Santa Rosa, identificada con el código de Ubigeo N° 0603010046, se encuentra a 2 km de la provincia de Celendín y tiene una altitud media de 2647.00 m.s.n.m., medida en el sitio donde se ubica la casa comunal.

Las coordenadas UTM de este lugar son:

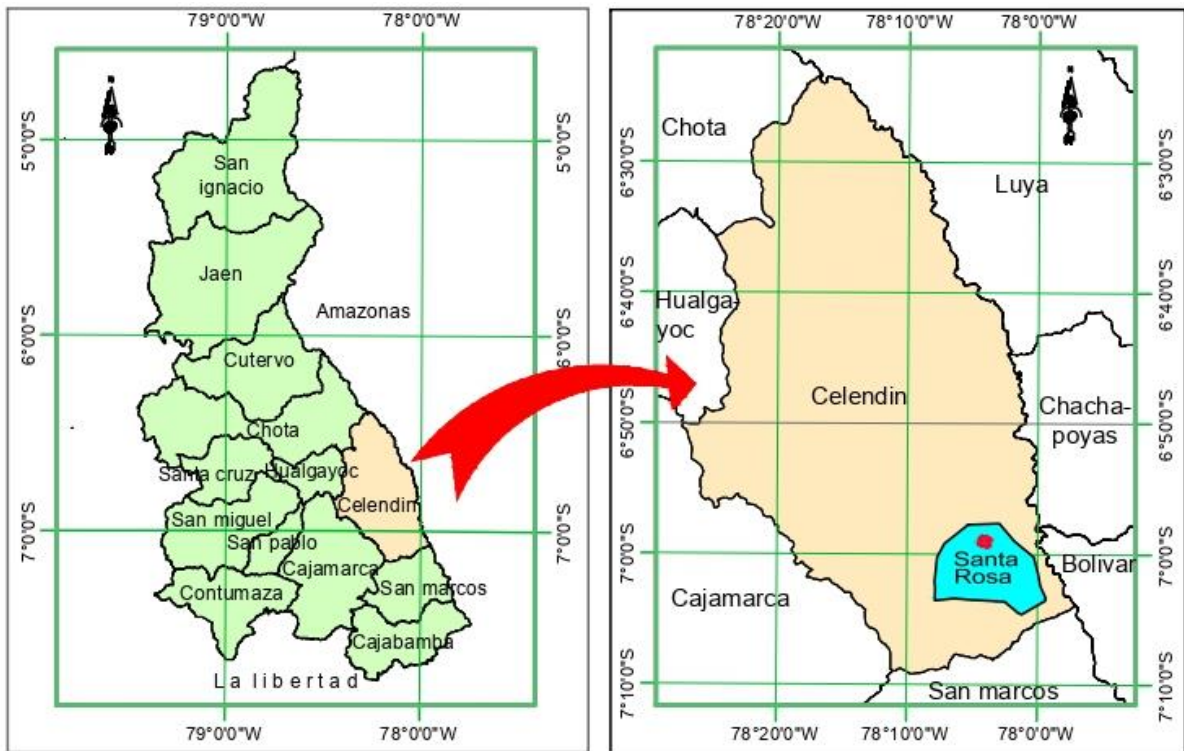
- Este: 0817111.00 m.
- Norte: 9239361.00 m.

Figura 8. Ubicación geográfica del Perú y sus departamentos



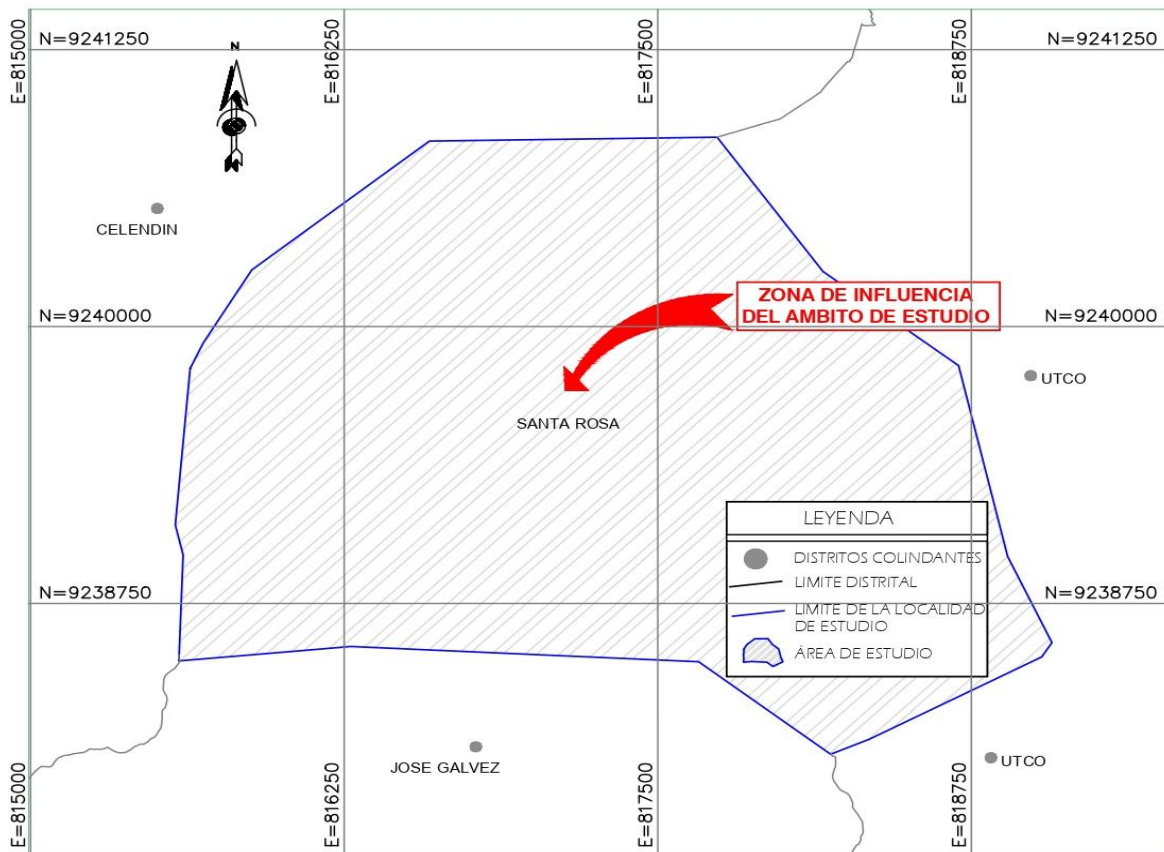
Fuente: Adaptado de ArcMap 10.8.

Figura 9. Ubicación de la localidad de Santa Rosa en la provincia de Celendín



Fuente: Adaptado de ArcMap 10.8.

Figura 10. Localización del caserío de Santa Rosa



Fuente: Adaptado del Civil 3D 2018.

Figura 11. Ubicación de la zona de la investigación – localidad de Santa Rosa



Fuente: Google Earth, 2023

3.1.2. Ubicación temporal

El desarrollo de la presente investigación comenzó en enero de 2023. Durante este mes, se visitó a los miembros de la JASS-Santa Rosa para gestionar el acceso a los componentes de su sistema de agua potable. En los meses siguientes, se llevó a cabo la recolección de datos de campo. Se inició con el levantamiento topográfico del área de estudio, seguido de visitas guiadas para verificar el estado actual de cada estructura. Posteriormente, se realizaron aforos de la captación, mediciones de presión, evaluaciones de descensos de agua en el reservorio, y la toma de muestras de agua para analizar su calidad.

3.1.3. Materiales, equipos y softwares

En esta investigación que se realizó en la localidad de Santa Rosa se hizo uso de diferentes materiales, equipos y softwares los cuales se detallan a continuación.

3.1.3.1. Materiales

- Balde 20 litros.
- Escalera móvil de madera.

- Lapiceros.
- Cuaderno de apuntes de datos.
- Aerosoles (Blanco y negro).
- Plano de la red de distribución de la localidad de Santa Rosa.
- Formatos para la recopilación de datos de las características de las estructuras de sistema de agua potable.

3.1.3.2. Equipos

- Manómetro.
- GPS marca GARMIN.
- Estación Total Estación Total LEICA Modelo TS10 3" R1000.
- Trípode y 2 prismas.
- Cámara fotográfica.
- Impresora Marca Epson.
- Laptop Asus.
- Moto lineal.

3.1.3.3. Software

- Microsoft Office 2016.
- AutoCAD Civil 3D 2018.
- WaterGEMS for Autodesk Civil 3D 2019.
- ArcMap 10.8.
- Google Earth.

3.2. Procedimiento.

El procedimiento para el desarrollo de esta investigación comprende dos fases, trabajo de campo y trabajo de gabinete.

3.2.1. Trabajo de Campo

3.2.1.1. Reconocimiento del área de estudio

Realizamos el reconocimiento del área de influencia directa y del sistema de agua potable de Santa Rosa. Este paso fue importante para identificar los puntos críticos del sistema de agua, como los componentes que lo conforman y las posibles rutas de tuberías. Además, nos permitió tener una visión general de la topografía del área en estudio, facilitando la toma de decisiones técnicas antes de realizar el levantamiento topográfico.

3.2.1.2. Levantamiento topográfico

Tras realizar el reconocimiento de la zona, se llevó a cabo el levantamiento topográfico utilizando una estación total. Iniciamos cerca del reservorio y seleccionamos puntos estratégicos para minimizar la cantidad de cambios de estación.

En primer lugar, se ubicó la estación (E-1) en un punto elevado desde donde eran visibles los componentes del sistema de agua potable en estudio. Las coordenadas de este punto fueron tomadas con un GPS navegador y posteriormente ingresadas en las configuraciones pertinentes de la estación total. Luego, se procedió a tomar las coordenadas del punto de referencia (BM-01), también utilizando el GPS, y esta información fue nuevamente ingresada en la estación total. Para el proceso de estacionamiento, se utilizó el método de orientación por coordenadas con dos puntos conocidos, y luego se visó el BM-01 desde la estación para promediar el margen de error.

Seguidamente, se procedió a tomar lecturas de los puntos de interés, como la captación, el reservorio, la línea de conducción, las redes de distribución, los puntos de relleno, los caminos y las viviendas. Dado que desde la estación (E-1) no se tenía visibilidad completa de todos los puntos, se realizó cambios de estación a puntos elevados en Santa Rosa para asegurar la visibilidad entre ellos. Este proceso se repitió hasta completar el levantamiento de todos los puntos de interés. Se identificaron y marcaron todos los puntos clave del sistema de agua potable, registrando las coordenadas y elevaciones correspondientes. Cada cambio de estación se realizó utilizando el método de resectado para mantener la precisión de las mediciones. Se verificaron todas las lecturas y se realizaron ajustes necesarios para asegurar la consistencia y precisión de los datos recopilados. Los datos obtenidos se procesaron utilizando el Civil 3D para generar planos detallados del sistema de agua potable.

Este levantamiento se llevó a cabo los días 29 y 30 de marzo, así como el 1 y 2 de abril de 2023. (Ver ANEXO A)

3.2.1.3. Recopilación de la información para la presente investigación

Nos centramos en la obtención de datos históricos y actuales sobre el sistema de agua potable de Santa Rosa, incluyendo registros de calidad del agua, planos existentes, informes de mantenimiento y reparaciones anteriores, entre otros datos que nos puedan facilitar los miembros de la JASS.

También nos enfocamos en la revisión de literatura científica de textos, artículos, libros, escritos, investigaciones semejantes, y normativa vigente relacionada con el abastecimiento de agua en áreas similares, para contextualizar el estudio y comprender los estándares y regulaciones aplicables.

Solicitamos a la Red de Salud de Celendín, información referente a las enfermedades de origen hídrico durante el año 2023, con el propósito de obtener datos epidemiológicos que nos permitan identificar patrones de incidencia y prevalencia de estas enfermedades en la población de Santa Rosa. Esta información es crucial para contextualizar los resultados del análisis de calidad del agua y comprender mejor los posibles riesgos para la salud asociados con el sistema de abastecimiento de agua potable en la localidad.

Se realizaron encuestas con el objetivo de recolectar información detallada sobre la operación y mantenimiento actual del sistema de abastecimiento de agua en el caserío de Santa Rosa. Estas encuestas permitieron obtener datos sobre el estado y la frecuencia de las actividades realizadas para asegurar el funcionamiento del sistema. Asimismo, se entrevistó a los miembros de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) con el fin de identificar las principales problemáticas que enfrenta el sistema de agua y conocer sus percepciones sobre su sostenibilidad.

Finalmente, utilizando un manómetro adaptado a los grifos de los usuarios, medimos la presión del agua en varios puntos de la red de distribución. Este proceso se basó en el plano de modelamiento hidráulico generado en WaterCAD, donde identificamos los puntos con mayor y menor presión.

3.2.1.4. Caracterización del caserío de Santa Rosa, distrito y provincia de Celendín, departamento de Cajamarca

En este apartado se identificaron diversos aspectos clave para comprender mejor al caserío de Santa Rosa. Se abordarán los datos demográficos, seguidos de una descripción de los servicios públicos disponibles, como agua potable, electricidad, disposición de excretas, telefonía, acceso a internet y suministro de gas. Además, se mencionaron los centros educativos que funcionan en la localidad. Finalmente, se detallarán las principales ocupaciones de la población, siendo la agricultura y la ganadería las actividades más relevantes, que constituyen la base de la economía local, junto con otras actividades complementarias como la venta de productos derivados.

3.2.1.5. Descripción de los componentes del sistema de agua potable de la Caserío de Santa Rosa

Implicó realizar una inspección in situ de las infraestructuras y componentes del sistema de agua potable, incluyendo captación, línea de conducción, reservorio, redes de distribución y conexiones domiciliarias.

También incluyó realizar un análisis de la operatividad y mantenimiento que se le realiza a los componentes del sistema de agua potable de Santa Rosa, con el objetivo de identificar posibles problemas o deficiencias que puedan afectar la calidad y disponibilidad del agua. Esto implica evaluar el estado de las válvulas, reservorio y otros elementos clave del sistema, así como revisar los registros de mantenimiento y reparaciones realizadas en el pasado para comprender mejor su funcionamiento y detectar áreas de mejora.

3.2.1.6. Estimación de los caudales de diseño y coeficientes de variación de consumo del sistema de agua potable del caserío Santa Rosa

Para calcular los caudales y coeficientes de variación de consumo en el sistema de Santa Rosa aplicaremos las siguientes fórmulas:

a) Cálculo del caudal medio:

El caudal medio estará definido por la relación entre el volumen total del reservorio y el promedio de horas en las que se consume todo el volumen del agua:

$$Q_m = \frac{V_r}{\text{Prom} \sum h} \dots\dots\dots \text{Ec. 01}$$

Donde:

Q_m = Caudal Medio

V_r = Volumen del reservorio

$\text{Prom} \sum h$ = Promedio de la sumatoria de las horas en las que se consume todo el volumen del reservorio por día durante el mes monitoreado.

b) Cálculo del caudal diario (Q_{md})

El caudal máximo diario, según las Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, se define como el caudal medio multiplicado por el coeficiente de variación de consumo diaria (**K1**).

$$Q_{md} = Q_m * K1 \dots\dots\dots \text{Ec. 02}$$

Donde:

- Qmd= Caudal máximo diario
- Qm= Caudal medio
- K1 = Coeficiente de variación de consumo diaria el cual se calcula en base al consumo real de la población de Santa Rosa.

c) Caudal máximo horario (Qmh)

El caudal máximo horario se representa por el mayor volumen de agua consumido en una sola hora durante el mes de registro y se determina a partir de los valores de consumo calculados a partir de los descensos medidos en el reservorio.

Aunque también está representada por la fórmula:

$$Qmh = Qm * K2 \dots \dots \dots \text{Ec. 03}$$

Donde:

Qmd= Caudal máximo diario

Qm= Caudal medio

K2 = Coeficiente de variación de consumo horaria el cual se calcula en base al consumo real de la población de Santa Rosa.

d) Coeficiente de variación de Consumo diaria (K1)

El coeficiente de variación de consumo diaria (K1), está definida de dos formas:

Una es la relación entre el caudal máximo diario y el caudal medio.

$$K1 = \frac{\text{Caudal máximo horario (Qmd)}}{\text{Caudal medio (Qm)}} \dots \dots \dots \text{Ec. 04}$$

Y la otra forma se define como la relación entre el volumen máximo de consumo diario dividido entre el volumen promedio del día.

e) Coeficiente de variación de Consumo horaria (K2)

El coeficiente de variación de consumo horaria (K2), está definida como la relación entre el caudal máximo horario y el caudal medio.

$$K2 = \frac{\text{Caudal máximo horario (Qmh)}}{\text{Caudal medio (Qm)}} \dots \dots \dots \text{Ec. 05}$$

Y la otra forma se calcula el valor máximo de consumo horario y, se divide entre el consumo horario promedio.

3.2.1.7. Evaluación hidráulica de los componentes del sistema de Agua Potable de la localidad de Santa Rosa

Conllevó el estudio y descripción detallado de la capacidad hidráulica de los componentes del sistema de agua potable de Santa Rosa.

A. Captación

En este componente del sistema de agua potable, se llevó a cabo el aforo de la captación para determinar la cantidad de agua que se está captando. Este proceso es crucial para verificar que la captación este cumpliendo con los estándares de diseño y sea capaz de proporcionar el volumen necesario de agua para satisfacer las necesidades de la población.

Existen varios métodos para determinar el caudal de agua y los más utilizados en los proyectos de abastecimiento de agua potable en zonas rurales, son los métodos volumétricos y de velocidad - área. En esta investigación nos decantaremos por utilizar el primero.

$$\text{Caudal } (Q) = \frac{\text{Volumen } (V)}{\text{Tiempo } (t)} \dots\dots\dots \text{Ec. 06}$$

Con la finalidad de definir el tiempo promedio, se recomienda realizar como mínimo 5 mediciones. Para ilustrar el método se presenta un ejemplo a continuación:

Figura 12. Aforo del agua por el método volumétrico



Fuente: Agua potable para poblaciones rurales, pág. 31

Así mismo, para complementar el análisis hidráulico de este componente, es importante tomar las medidas precisas de la estructura. De esta manera, podemos asegurarnos de que esté diseñada correctamente para recibir la cantidad adecuada de agua del manantial y así abastecer a toda la localidad de Santa Rosa.

Es importante mencionar que, dado que el diseño de la captación es de fondo y carece de orificios en la pantalla de la cámara húmeda, el aforo se llevó a cabo en el reservorio, específicamente en el punto donde el agua de la línea de conducción proveniente de la captación ingresa al reservorio.

B. Línea de Conducción

Ahora que conocemos el caudal de diseño, vamos a analizar cómo está diseñada la línea de conducción. Queremos asegurarnos de que la tubería tenga el tamaño y las características correctas para transportar el flujo de agua de manera eficiente y segura. Este paso es clave para validar que todo funcione bien y que el agua llegue al reservorio sin problemas.

Para verificar si el diámetro de la tubería de la línea de conducción del sistema de agua de Santa Rosa está dentro del rango aceptable, es necesario calcular tanto los diámetros máximos como los mínimos.

➤ **Diámetro máximo:**

$$D_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{4Q_{md}}{\pi * V_{min}}} \dots \dots \dots \text{Ec. 07}$$

Donde:

- Qmd= Caudal máximo diario
- Vmin= Velocidad mínima (0.6 m/s).

➤ **Diámetro mínimo:**

$$D_{m\grave{i}n} = \sqrt{\frac{4Q_{md}}{\pi * V_{max}}} \dots \dots \dots \text{Ec. 08}$$

Donde:

- Qmd= Caudal máximo diario
- Vmin= Velocidad máxima (3 m/s).

➤ **Verificación de la velocidad de flujo**

La velocidad se verificará con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{\text{Caudal (Qmd)}}{\text{Área (A)}} \dots \dots \dots \text{Ec. 09}$$

➤ **Pérdida de carga unitaria (hf_{unit})**

La pérdida de carga unitaria en una tubería de la línea de conducción es la disminución de presión por unidad de longitud debido a la fricción del agua contra las paredes de la tubería. Para verificarla, utilizamos las siguientes ecuaciones dependiendo del diámetro de la tubería:

$$hf = \left\{ \begin{array}{ll} D > 50mm; hf = 10.674 * \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} & \text{Hazen - Willians} \\ D \leq 50mm; hf = 676.745 * \frac{Q^{1.751}}{D^{4.753}} & \text{Fair - Whipple} \end{array} \right.$$

Ec. 10 (MVCS, 2018)

El Coeficiente de Hazen-Williams (C) para tuberías de PVC nuevas es de 150 (adimensional). Sin embargo, cuando las tuberías tienen una antigüedad de 10 años o más, este coeficiente se ajusta a un valor de 140 (adimensional) para reflejar el cambio en condiciones de fricción interna.

➤ **Pérdida de carga por tramo (hf_{tramo})**

La pérdida de carga por tramo es el producto de la pérdida de carga unitaria y la longitud total del tramo en la línea de conducción, como se indica en la siguiente ecuación:

$$hf_{tramo} = hf_{unit} * L \dots \dots \dots \text{Ec. 11}$$

➤ **Pérdida de carga por accesorios (ΔH_i)**

Es la disminución de presión en una tubería causada por elementos como codos, válvulas, y reducciones. Estos accesorios generan turbulencias y fricción que aumentan la resistencia al flujo.

$$\Delta H_i = k_i * \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots \text{Ec. 12}$$

➤ **Encontramos la cota piezométrica (Cp)**

La cota piezométrica es la altura total a la que se encuentra el agua en un punto determinado, y se define como la cota inicial menos las pérdidas de carga, tal como se muestra a continuación:

$$C_p = C_{ota_i} - h_{f_{tramo}} - h_{f_{local}} \dots \dots \dots \text{Ec. 13}$$

C. Reservorio

El sistema de agua de Santa Rosa cuenta con un reservorio que requiere evaluación para verificar su estado actual, incluyendo la infraestructura, el funcionamiento y el sistema de desinfección. Dado que esta zona es rural, es importante asegurar la presencia de medidores en las conexiones domiciliarias. En caso de no contar con ellos, se debe emplear una estrategia alternativa para calcular los caudales reales de consumo, como el caudal medio, máximo horario y máximo diario.

Según Bardales (2022) el procedimiento a usar para determinar el consumo de agua potable de las poblaciones rurales será la medición de los niveles de agua en los reservorios en intervalos de 1 hora durante todo el día y poder calcular el caudal en cada hora. P. 77)

- Se realizarán mediciones del nivel de agua en el reservorio, con intervalos de una hora durante todo el día o cuando se abran las válvulas de control.
- Los datos de las alturas del nivel de agua registrados cada hora se anotarán en un cuaderno de apuntes para su posterior digitalización.
- Usando los datos digitalizados de los niveles de agua en el reservorio y las dimensiones del mismo, se calculará el volumen de consumo de agua por hora y el consumo total diario.

Para obtener información sobre el consumo en la localidad de Santa Rosa, se llevará a cabo la medición de los niveles de agua en el reservorio durante un mes completo. Esta limitación se debe a la reticencia de la población a colaborar con esta investigación en este punto, ya que argumentan que, durante la medición, el suministro de agua se ve interrumpido al cerrarse las válvulas de salida.

Según el MVCS, establece que el volumen del reservorio debe representar entre 25% y 30% del caudal medio diario. Para calcularlo, se puede emplear la siguiente ecuación:

$$V = 25\% * Q_m \dots \text{Ec. 14}$$

D. Redes de Distribución

En este componente del sistema de agua potable, se procederá a realizar el modelado estático de las redes de distribución después de recopilar los datos topográficos de la zona y obtener información sobre el diámetro de las tuberías principales. Este modelado se llevará a cabo utilizando el software WaterGEMS for Autodesk Civil 3D 2019 con el objetivo de verificar si las presiones estáticas en la red cumplen con los estándares establecidos en la normativa vigente.

Para este análisis se hizo uso de las fórmulas descritas en la **Ec. 10** y el coeficiente de Hazen y William de 140 (adimensional).

E. Conexiones domiciliarias

En las conexiones domiciliarias, se realizará la medición de la presión dinámica del agua para compararla con los valores establecidos en las Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.

3.2.1.8. Comparar los resultados obtenidos de los parámetros físicos y microbiológicos con los Anexos I, II y III del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA).

A. Calidad del agua de la fuente “El Mutuy”

Se realizó el muestreo del agua de la fuente y se envió al Laboratorio Regional de Agua de Cajamarca para el análisis de los parámetros físicos y microbiológicos. Este análisis incluyó la evaluación de parámetros como pH, conductividad, turbidez, cloruro, nitrito, nitrato, sulfato, color verdadero, dureza total, sólidos totales y cianuro total para los aspectos fisicoquímicos, así como la presencia de coliformes totales, coliformes fecales y *Escherichia coli* para los parámetros microbiológicos.

B. Calidad del agua del agua tratada

Se realizó el análisis de parámetros físicos (Ph, Conductividad, Sólidos Totales Disueltos, Turbiedad, Cloro, Temperatura) y parámetros microbiológicos (Coliformes Totales y Termotolerantes) en las viviendas del sistema de agua potable de Santa Rosa, con el objetivo de evaluar la calidad del agua destinada para consumo humano. Este muestreo se llevó a cabo por la Red III de Salud de Celendín siguiendo los estándares y protocolos establecidos en la normativa actual vigente. Para realizar el análisis

correspondiente, obtuvimos los informes de la Red de Salud emitidos por el Laboratorio de DISA Cajamarca y procedimos a compararlo con la normativa vigente.

3.2.1.9. Planteamiento de propuestas de mejora para el diseño actual del sistema de agua potable del caserío Santa Rosa

Se propondrá mejoras específicas que optimicen la funcionalidad y eficiencia del sistema de agua potable existente. Estas propuestas se basan en la identificación de deficiencias actuales, tanto en la oferta como en la infraestructura del sistema, y se sugieren soluciones prácticas y técnicas para su mejora.

3.2.2. Trabajo de Gabinete

- En principio, organizamos toda la información recopilada.
- Procesamos los puntos del levantamiento topográfico en el civil 3D, para generar la superficie necesaria para modelar el sistema de agua potable de Santa Rosa a partir del plano existente, que nos facilitó la JASS.
- Generamos los planos de ubicación y el plano topográfico que incluye el sistema existente de agua potable de Santa Rosa a partir del cual se efectuó el modelamiento hidráulico del sistema de agua potable usando el Software WaterGEMS for Autodesk Civil 3D 2019, para realizar su análisis respectivo de redes. (**VER ANEXO K**)
- Se generaron los croquis de las estructuras existentes del sistema de agua potable para su evaluación hidráulica.
- Finalmente, llevamos a cabo el análisis y comparación de la calidad del agua, un aspecto fundamental para la prestación del servicio de abastecimiento. Este análisis se realizó para verificar el cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. N° 031-2010-SA.

3.3. Tratamiento, Análisis de Datos y Presentación de Resultados

3.3.1. Tipo, nivel, diseño y método de investigación

3.3.1.1. Tipo de investigación

Se trata de una investigación aplicada, ya que se enfoca en la recopilación de datos con el propósito de responder a preguntas relacionadas con la situación actual de los sujetos del estudio. En este caso para evaluar el estado del sistema de agua potable.

3.3.1.2. Nivel de investigación

Descriptivo, porque busca evaluar el estado del sistema de agua potable de la localidad de Santa Rosa - Celendín.

3.3.1.3. Diseño de investigación

Es de un proceso inductivo, ya que se evaluará cada componente del sistema de agua potable y sacar conclusiones al respecto.

3.3.1.4. Método de investigación

Es del tipo objetiva, ya que tiene una sola variable, buscando evaluar el estado del sistema de agua potable.

3.4. Población de estudio

En la localidad de Santa Rosa, la población de estudio es el número total de conexiones domiciliarias que son abastecidas por el Reservorio. Este grupo específico comprende un total de 200 conexiones, y es objeto de análisis en el contexto de nuestro estudio sobre sistema de abastecimiento de agua.

3.5. Muestra

En nuestro estudio, se empleó un muestreo no probabilístico debido a que el sistema de distribución de agua potable del caserío de Santa Rosa presenta una estructura homogénea y uniforme en sus componentes. Este tipo de muestreo fue elegido para enfocar la evaluación en puntos clave del sistema que representarán de manera efectiva el funcionamiento general. Se seleccionaron 29 conexiones domiciliarias como muestra, basándose en su ubicación estratégica dentro de la red, para asegurar que los datos recolectados reflejen adecuadamente las condiciones operativas del sistema y las posibles variaciones en el suministro de agua.

3.6. Unidad de análisis

Las unidades de análisis para este estudio serán las infraestructuras hidráulicas del sistema de agua potable del sector Santa Rosa, en el distrito y provincia de Celendín.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Caracterización del caserío de Santa Rosa, distrito y provincia de Celendín, departamento de Cajamarca

4.1.1.1. Población demográfica de Santa Rosa

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2017), a través del Sistema de Consulta de Centros Poblados, estima que la localidad de Santa Rosa cuenta con una población de 478 habitantes de los cuales 227 son hombres y 251 son mujeres.

Tabla 5. Poblacion de los centros poblados del distrito de Celendín

DEPARTAMENTO DE CAJAMARCA						
CÓDIGO	CENTROS POBLADOS	REGIÓN NATURAL (según piso altitudinal)	ALTITUD (m s.n.m.)	POBLACIÓN CENSADA		
				Total	Hombres	Mujeres
60301	DISTRITO CELENDÍN			26 925	12 781	14 144
1	Celendín	Quechua	2 629	19 809	9 356	10 453
2	Santa Rosa II	Rupa Rupa	784	-	-	-
46	Santa Rosa	Quechua	2 661	478	227	251
49	Pilco	Quechua	2 860	135	57	78
50	Queruaysana	Quechua	3 003	98	51	47
51	Chupset	Quechua	2 685	60	27	33
52	Alto Cumbe	Quechua	2 812	2	1	1
53	Pumarume	Quechua	2 830	217	108	109
54	Bellavista	Quechua	2 740	646	299	347
55	Teresa Conga	Quechua	2 746	290	127	163
56	Malcat	Quechua	2 792	165	83	82
57	Molino Pampa	Quechua	2 892	275	125	150
60	Shusuro	Quechua	2 464	1	1	-
61	El Milagro	Quechua	2 728	247	115	132
62	El Limon	Yunga fluvial	1 570	-	-	-
63	La Paccha	Yunga fluvial	1 925	1	1	-
64	Trigopampa	Quechua	3 288	-	-	-
65	Mollepata	Quechua	2 682	4	2	2
66	Alto Bacon	Quechua	2 941	33	20	13
68	Chilcaconga	Quechua	2 900	60	31	29
69	Colina San Isid	Quechua	2 705	109	50	59
70	Dos de Dicieml	Quechua	2 553	14	8	6
71	Eugenio Pampa	Quechua	2 734	33	14	19
72	El Tinguito	Quechua	2 912	56	24	32

Fuente : Adaptado del (INEI, 2017) - Censos Nacionales 2017.

4.1.1.2. Servicios públicos

- **Agua**

En cuanto al servicio de agua potable, la opinión de la población es mayormente desfavorable, pues la mayoría de los usuarios señala que el suministro no es constante las 24 horas. Asimismo, indican que hay nuevas familias migrantes que han solicitado su conexión de agua, lo que evidencia la insuficiencia del sistema. Por otra parte, los usuarios también expresan preocupación por la calidad del agua, ya que muchos consideran que esta podría causar enfermedades, entre las más comunes relacionadas con este problema se mencionan gripe, infecciones diarreicas y parasitosis, las cuales son tratadas con remedios caseros.

- **Disposición de excretas**

La población del caserío beneficiado sí tiene servicios higiénicos, y sus necesidades lo realizan en UBS. La implementación de este sistema de tratamiento y disposición de excretas ha contribuido significativamente a mejorar la salubridad en la comunidad, reduciendo el riesgo de contaminación y enfermedades relacionadas con el saneamiento inadecuado.

- **Electricidad**

El caserío cuenta con servicio de electricidad suministrado por la red pública a través de una conexión directa. La mayoría de las viviendas y establecimientos están conectados, lo que permite a la comunidad disponer de electricidad de manera continua, las 24 horas del día.

- **Telefonía**

En cuanto al servicio de telefonía, el caserío cuenta con cobertura de los operadores Claro, Movistar y Bitel.

- **Internet**

El caserío cuenta con el servicio inalámbrico y cableado de red para internet.

- **Gas**

En cuanto al servicio de gas, el caserío cuenta principalmente con suministro de gas en cilindros, ya que no dispone de gas natural. La población puede adquirir estos cilindros a través de proveedores locales, lo que facilita su acceso. Sin embargo, la mayoría indica que prefieren cocinar a leña.

4.1.1.3. Instituciones públicas y privadas

- **Nivel inicial:**

El Centro Poblado Santa Rosa cuenta con institución educativa del Nivel Inicial N°2015, con 28 alumnos matriculados y bajo la dirección de la docente Briones Velásquez Miriam Lucrecia.

Tabla 6. Datos de la Institución de Educación Inicial en Santa Rosa

Código de institución	Nombre de IE	Nivel / Modalidad	Tipo de Gestión	Dirección de IE	Departamento / Provincia / Distrito	Alumnos (Censo educativo)
20057181	215	Inicial - Jardín	Pública de gestión directa	SANTA ROSA	Cajamarca / Celendín / Celendín	28

Fuente: Escale Minedu 2023

- **Nivel Primario:**

El centro poblado de Santa Rosa cuenta con una Institución Educativa con nivel educativo primario, cuyo nombre es I.E. N° 82403. Según El ESCALE MINEDU, indica en sus datos de la población escolar actualizada para el nivel primario en 2023 es de 65 alumnos, cifra que se ha corroborado mediante el empadronamiento realizado por el director de la institución.

Figura 13. Fachada del acceso principal a la I.E N°82403



- Es preciso señalar que no hay instituciones de nivel secundario ni superior en el centro poblado. Por lo tanto, los estudiantes que desean continuar sus estudios son enviados a instituciones en la provincia de Celendín.

4.1.1.4. Ocupación principal de la población

La ocupación principal en el caserío de Santa Rosa es **la agricultura**, la cual constituye la base económica de la población. Asimismo, se desarrollan otras actividades como la ganadería, comercio local, también existen algunas familias dedicadas al de procesamiento de leche artesanal y panaderías.

La población en edad de trabajar (de 15 años a más) del distrito de Celendín, según el censo 2017, es de 9665 personas, siendo el 35.90% de la población del distrito.

Ante la pregunta, ¿Cuál es la ocupación principal?, el 18.60 % respondió son agricultores y trabajadores calificados agropecuarios, forestales y pesqueros; el 18.44 % en ocupaciones elementales, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 7. La semana pasada, según gran grupo, ¿Cuál es la ocupación principal?

P5a+: La semana pasada, según gran grupo, ¿Cuál es la ocupación principal?	Casos	%	Acumulado %
Miembros del Poder Ejecutivo, Legislativo, Judicial y personal directivo de la administración pública y privada	30	0,31%	0,31%
Profesionales científicos e intelectuales	1 821	18,84%	19,15%
Profesionales técnicos	306	3,17%	22,32%
Jefes y empleados administrativos	360	3,72%	26,04%
Trabajadores de los servicios y vendedores de comercios y mercados	1 544	15,98%	42,02%
Agricultores y trabajadores calificados agropecuarios, forestales y pesqueros	1 798	18,60%	60,62%
Trabajadores de la construcción, edificación, productos artesanales, electricidad y las telecomunicaciones	1 340	13,86%	74,49%
Operadores de maquinaria industrial, ensambladores y conductores de transporte	618	6,39%	80,88%
Ocupaciones elementales	1 782	18,44%	99,32%
Ocupaciones militares y policiales	66	0,68%	100,00%
Total	9665	100,00%	100,00%

Fuente: Censo nacional 2017.

4.1.1.5. Producción principal en el caserío

La producción agrícola principal en el centro poblado de Santa Rosa se alterna por temporadas entre maíz y papa. De mayo a octubre, se cultiva papa, mientras que de noviembre a abril se produce maíz. Además, en menor escala, también se cultivan otros productos como alfalfa, arveja, frejol, y repollo, entre otros.

Figura 14. Sembríos de Maíz en el caserío de Santa Rosa



En actividades complementarias, como la ganadería, se cría ganado vacuno y ovino, tanto para el consumo local como para la generación y venta de productos derivados, como leche y carne, en mercados cercanos.

Figura 15. Crianza de ganado en el caserío de Santa Rosa



4.1.2. Descripción de los componentes del sistema de agua potable del caserío Santa Rosa, distrito y provincia de Celendín, departamento de Cajamarca

4.1.2.1. Captación

La captación de agua en la localidad de Santa Rosa proviene del manantial "El Mutuy", que cuenta con una licencia de uso poblacional de agua otorgada mediante la Resolución Directoral N° 1360-2015-ANA-AAA.M, emitida el 22 de diciembre de 2015 por la Administración Local del Agua Las Yungas Suite. El volumen anual otorgado es de 23,336.64 m³, con un volumen de extracción diario de 63.94 m³. Actualmente, la gestión del agua está a cargo de la JASS del caserío, encabezada por su presidente, don Wilson Fabian Díaz Chávez, quien indica que este componente fue construido alrededor del año 1998.

La captación "Santa Rosa" se encuentra ubicada en la Zona 17 M, en las siguientes coordenadas UTM:

Tabla 8. Coordenadas UTM de la captación de agua "Santa Rosa"

Descripción	Coordenadas UTM WGS 84		Altitud (msnm)
	Este (m)	Norte (m)	
Captación de agua "Santa Rosa"	817791.00	9238933.00	2741.59

Fuente: Elaboración propia

La captación "Santa Rosa" cuenta con una cámara húmeda que a nivel estructural se encuentra en estado regular debido al mantenimiento periódico y continuo que se le realiza a esta estructura, aunque es preciso indicar que en nuestra visita de campo se pudo constatar pequeñas fisuras y agrietamientos, pero aun así sigue siendo funcional.

Existe una cámara seca que no cumple su función, ya que el agua captada de la cámara húmeda es trasladada a través de una tubería de 2" a la cámara seca, cuyas dimensiones internas son 0.65 x 0.55 m y una altura de 0.77 m. En esta cámara, el agua se almacena nuevamente antes de ser trasladada por una tubería de conducción hacia el reservorio. En la cámara seca, que ahora actúa como cámara húmeda o de almacenamiento, se evidencia la presencia de una canastilla de 4" de diámetro y la tubería de salida para la alimentación es de 2".

A nivel hidráulico, las tuberías de limpieza y rebose tienen un diámetro nominal (DN) de 2" y están conectadas directamente desde la cámara húmeda hacia

la quebrada "Santa Rosa". No existe una tubería de ventilación ni se evidenció la presencia de válvulas para controlar el flujo de agua en esta estructura. Las válvulas de control del agua se encuentran en la cámara seca del reservorio.

La tapa sanitaria de la cámara húmeda de la captación es metálica, con dimensiones de 0.80 m x 0.80 m, y está oxidada; de manera similar, la tapa sanitaria de la cámara seca, de 0.60 m x 0.60 m, también presenta signos de oxidación. Esto indica un posible deterioro en ambas tapas sanitarias debido a la corrosión.

Cuenta con un cerco perimétrico en mal estado, compuesto por alambre de púas y cuatro postes de fierro galvanizado de 2" de diámetro. Esta situación podría permitir el acceso de personas no autorizadas o animales.

Figura 16. Croquis de la captación de fondo "Santa Rosa", mostrando su entorno geográfico en relación con el sistema de abastecimiento



- **Análisis del Entorno de la Captación en la Margen de una quebrada**

- **Características Físicas:**

La cámara seca de la captación está construida al borde de la quebrada "Mutuy", que es un afluente del río Grande, ubicado en la ciudad de Celendín. Este afluente se origina en el sur de la ciudad y se une al río Yangas en el caserío de Llanguat, cuyas aguas posteriormente fluyen hacia el río Marañón. La quebrada es estacional, permaneciendo seca gran parte del año y dependiendo de la temporada de

lluvias para recibir caudal. Aunque históricamente no se han presentado problemas con la captación durante la temporada alta de lluvias, se evidencia la falta de algún sistema de contención adecuado para proteger la cámara seca de captación.

- **Ecosistemas:**

La quebrada “Mutuy” alberga una variedad de ecosistemas y sirve como hábitat para diversas especies de flora, como el aliso, la alfalfa, la chíá de campo y la muña. Además, es hogar de diferentes especies de fauna, incluyendo anfibios como ranas y sapos. La limpieza de maleza y desmonte en la quebrada, realizada antes del inicio de las lluvias, contribuye a la preservación de estos ecosistemas, al permitir un flujo de agua más limpio y reducir la acumulación de sedimentos que podrían afectar a la biodiversidad de la zona.

- **Actividades Humanas:**

Las actividades agrícolas, especialmente los cultivos cercanos de papa al norte, sur y oeste de la captación, así como las plantaciones de alfalfa al este de la captación pasando la quebrada, pueden incrementar la erosión y el arrastre de sedimentos en la quebrada. Esto podría afectar la calidad del agua y la estabilidad del suelo, representando un riesgo tanto para la captación como para la salud del ecosistema local. La inspección visual realizada junto al operario también señala que, en períodos de lluvias intensas, la Cámara Seca de la Captación podría verse comprometida si no se implementan medidas adecuadas de contención.

Figura 17. Inspección visual de la captación y sus alrededores para identificar signos de erosión en las márgenes de la quebrada



- **Riesgos y Vulnerabilidades:**

La proximidad de la cámara seca de la captación a la quebrada “Mutuy” conlleva riesgos significativos, especialmente durante las avenidas máximas. La falta de un sistema de contención, como muros de gaviones, diques o barreras naturales, puede resultar en un compromiso de la infraestructura de la captación.

Los estudios de suelo realizados en la zona donde está ubicada la captación, indican la presencia de un estrato de limo inorgánico de baja compresibilidad, mezclado con un apreciable porcentaje de arena gruesa a fina y fragmentos rocosos de hasta 3/4” (Clasificación AASHTO: A-4 y A-5). Esta mezcla, pobremente gradada, incluye también un porcentaje significativo de grava con tamaño máximo de 2”, arena gruesa a fina y partículas finas menores de 0.075 mm, con baja a mediana plasticidad (Clasificación AASHTO: A-2-4 y A-2-5). El suelo presenta un alto contenido de humedad y un bajo grado de compacidad.

Por lo antes mencionado, el riesgo de erosión en las áreas cercanas a la captación es considerable, lo que podría debilitar las bases de la infraestructura durante lluvias continuas y aumentar las probabilidades de colapso en temporadas futuras.

- **Aspectos Sociales y Culturales:**

La captación de agua en la quebrada “Mutuy” no solo es crucial para el suministro de agua, sino que también tiene implicaciones para la comunidad local. La disponibilidad de agua influye en las actividades agrícolas de la zona, que son una fuente importante de sustento para la población. Por lo tanto, el manejo adecuado de la captación y la quebrada es vital para asegurar la calidad de vida de los habitantes de la región y para preservar el entorno natural que sustenta sus actividades.

A continuación, presentamos un conjunto de fotografías tomadas durante la visita e inspección a la captación de agua del caserío de Santa Rosa.

Figura 18. Vista frontal de la captación en Santa Rosa durante la inspección técnica, junto al operario del sistema de agua potable. Coordenadas UTM: Zona 17M, 817791.00 mE, 9238933.00 mN



Figura 19. Inspección técnica en la captación de Santa Rosa: perspectivas interna y externa junto al operario del sistema de agua potable. Coordenadas UTM: Zona 17M, 817791.00 mE, 9238933.00 mN



Figura 20. Revisión técnica de la cámara de válvulas en la captación de Santa Rosa: vistas externa e interna, con la tapa sanitaria desplazada en el lado derecho



4.1.2.2. Línea de conducción

La línea de conducción consta de un solo tramo, desde la captación hasta el reservorio. La tubería es de PVC clase 10, con un diámetro de 2 pulgadas y una longitud de 129.156 metros, enterrada a lo largo de todo el recorrido. No se han detectado fugas por rajaduras y su operación es correcta, lo que indica que la profundidad de enterramiento es técnicamente adecuada.

Se tomaron puntos de referencia con la Estación Total para trazar el recorrido y su perfil topográfico con la ayuda del software Google Earth, como se muestra en la **Figura 21**. A partir de este proceso, se obtuvieron los siguientes datos:

- Cota de Captación de fondo: 2741.59 msnm
- Cota de reservorio: 2732.49 msnm
- Longitud de la línea de conducción: 129.156 m

En toda la línea de conducción no se han instalado cámaras rompe presión tipo T-6, pases aéreos, ni válvulas de aire o de purga.

La línea de conducción del sistema de agua potable de la localidad de Santa Rosa fue instalada en 1998. En 2015, se llevó a cabo un proyecto de recambio e instalación de tubería de PVC C-10, DN=2” en todo el tramo, financiado con recursos propios de la JASS, por lo que tiene una antigüedad aproximada de 8 años. Según los informes, no se han presentado fallas significativas desde entonces.

Figura 21. Trazado de la línea de conducción y perfil topográfico, utilizando puntos de referencia tomados con Estación Total y representados en Google Earth.



Fuente: Google Earth

4.1.2.3. Reservorio

El caserío de Santa Rosa cuenta con un reservorio apoyado, de concreto armado, de forma circular y un volumen aproximado de 27.64 m³. En su interior no está revestido con cerámicos y no presenta acumulación de sedimentos provenientes del exterior, ya que cuenta con una tapa metálica hermética de 0.80m x 0.80m.

El reservorio, construido en 2015, se encuentra en óptimas condiciones físicas gracias al mantenimiento continuo que recibe. No presenta deterioro estructural, fisuramiento ni fallas evidentes, lo que demuestra un buen estado de conservación a lo largo de su tiempo de funcionamiento.

El reservorio está ubicado en la Zona 17 M, con las siguientes coordenadas UTM:

Tabla 9. Coordenadas UTM del reservorio "Santa Rosa" de V=27.64m³

Descripción	Coordenadas UTM WGS 84		Altitud (msnm)
	Este (m)	Norte (m)	
Reservorio Santa Rosa de V=27.64 m ³	817696.724	9239019.050	2732.49

Este reservorio, cuenta con caja de válvulas en buen estado y tapa sanitaria de inspección metálica de 0.80 x 0.80 en regular estado estando esta última desprendida. En su interior las válvulas se encuentran funcionando y en buen estado de conservación.

Cuenta con sistema de cloración por goteo o flujo constante a través de un tanque de solución de polietileno de 600 L y usan hipoclorito de calcio granulado al 70% de concentración proporcionado por la Municipalidad Provincial del Celendín, siendo la última donación en febrero 2023. Presenta una caseta de cloración con paredes de ladrillo de cemento de 4 huecos y cobertura de calamina. La preparación de la solución de cloro se realiza quincenalmente usando 2 Kg por cada recarga, es decir, 4 kg mensuales.

Cuenta con cerco perimétrico compuesto por malla de alambre galvanizado N°10 con cuadrícula de 2"x2" y perfiles angulares tipo "L" de 3/4"x3/4"x3/16". Los postes, fabricados con tubo de fierro galvanizado de diámetro 2" y espesor de 2.5 mm, fijados en un sobrecimiento que está a la periferia de todo el reservorio con

dimensiones 0.40 m de alto y de ancho 0.40. La puerta de acceso presenta oxidación y está desajustada en la parte inferior, no estando correctamente adherida ni soldada.

Figura 22. Vista frontal del reservorio Santa Rosa ($V=27.64 \text{ m}^3$) durante la inspección técnica. Coordenadas UTM: Zona 17M, 817696.72 mE, 9239019.05 mN.



Figura 23. Vista de la puerta de acceso del reservorio, mostrando oxidación y desajuste en la parte inferior, con falta de adherencia adecuada



4.1.2.4. Redes de distribución

La red de distribución es una red abierta, compuesta por tuberías de PVC Clase 10 de diferentes diámetros: 2”, 1” y 3/4”. Cuenta con válvulas de regulación en los tramos de las troncales principales y, según la inspección, no se visualizan filtraciones. La red de distribución que fue instalada en el año 2015 está completamente enterrada y tiene doscientas conexiones domiciliarias.

Las redes de distribución y aducción del sistema de agua existente no estarían diseñadas correctamente, puesto que existen piletas donde el agua llega con baja presión; además se observó que existen algunas conexiones artesanales hechas por los mismos pobladores que perjudican el funcionamiento hidráulico correcto.

La población del caserío de Santa Rosa, en su mayoría, no tiene una conciencia adecuada sobre el uso del agua, pues se ha notado que muchos habitantes emplean el agua potable de manera irresponsable y en exceso, como en el riego de cultivos, el lavado de vehículos, y además se evidencia en sus viviendas accesorios sanitarios en mal estado. Este problema se origina porque no hay un sistema de medición del consumo de agua en la comunidad, y cada usuario paga una tarifa mensual fija de S/2.00, sin importar cuánto agua consuma.

Ver el sistema existente en el plano topográfico del **ANEXO K**.

4.1.2.5. Cámaras Rompe Presión – Tipo 7

El sistema de agua potable de Santa Rosa cuenta con dos CRP-T7, que se encuentra en buen estado gracias al mantenimiento continuo que se le realiza. Estos componentes fueron construidos en el año 2015 y están ubicado en las siguientes coordenadas:

Tabla 10. Coordenadas UTM de la CRP-T7 “Santa Rosa”

Descripción	Coordenadas UTM WGS 84		Altitud (msnm)
	Este (m)	Norte (m)	
CRP -T7 1	817,330.94	9,239,321.02	2683.64
CRP -T7 2	817,308.53	9,238,916.09	2688.88

Es preciso mencionar que la CRP-T7 1 está adecuadamente pintada y no presenta agrietamientos en su estructura. En las partes bajas de las paredes no se evidencia presencia de humedad. Además, el cerco perimétrico, compuesto por cuatro

postes de madera y alambres de púas, se encuentra en buen estado, proporcionando una barrera efectiva contra posibles intrusiones. En términos hidráulicos, las canastillas, la tubería de rebose y la válvula flotadora están en óptimas condiciones, asegurando un funcionamiento eficiente del sistema.

El operario del sistema de agua potable nos informa que se realiza un mantenimiento preventivo cada seis meses, lo que contribuye a la buena conservación y funcionamiento de este componente.

Por otro lado, la CRP-T7-2, a pesar de tener las mismas dimensiones que la CRP-T7-1, presenta algunas diferencias notables. Aunque no muestra agrietamientos en su estructura y su estado general es bueno, esta cámara carece de pintura protectora y no dispone de un cerco perimétrico, lo que compromete su protección adecuada. Las tapas metálicas están en buen estado de conservación y funcionan correctamente, pero la ausencia de pintura y el cerco perimétrico podrían aumentar el riesgo de deterioro a largo plazo y comprometer la seguridad y funcionalidad de la cámara.

Figura 24. Vista del estado actual de la CRP -T7 1 en el sistema de agua, mostrando condiciones estructurales, operativas y de óptimo mantenimiento



Figura 25. Vista del estado actual de la CRP -T7 2, mostrando condiciones estructurales y de regular mantenimiento



4.1.2.6. Conexiones domiciliarias de agua potable

El sistema cuenta con un total de doscientos conexiones domiciliarias, todas instaladas con tubería de PVC de diámetro nominal 1/2". Estas conexiones se distribuyen entre edificaciones, unidades básicas de saneamiento y algunas conexiones artesanales. Es importante señalar que, a pesar de que las conexiones funcionan de manera óptima, todas no están equipadas con caja domiciliaria, lo que podría afectar la facilidad de acceso y mantenimiento futuro.

En algunas viviendas, la presión del agua que llega es notablemente baja.

Figura 26. Conexión domiciliaria de agua en una Unidad Básica de Saneamiento (UBS-AH) en Santa Rosa, destacando el tipo de instalación y su contexto en comparación con otras conexiones del sistema



Figura 27. Conexión domiciliaria artesanal en Santa Rosa, mostrando técnicas rústicas de instalación en el sistema de agua potable



4.1.3. Estimación de los caudales de diseño y coeficientes de variación de consumo del sistema de agua potable del caserío Santa Rosa

4.1.3.1. Caudales y coeficientes de variación de consumo

En el centro poblado de Santa Rosa, el servicio de agua potable se presta durante 5 a 6 horas al día. El operador cierra las válvulas de distribución de agua del reservorio a las 8:00 p.m. y las abre nuevamente a las 6:00 a.m., iniciando así la distribución del agua. Durante el registro de descensos realizado, se ha observado que el suministro de agua potable suele agotarse alrededor del mediodía, e incluso, los fines de semana, el agua almacenada se termina hacia las 9:00 a.m.

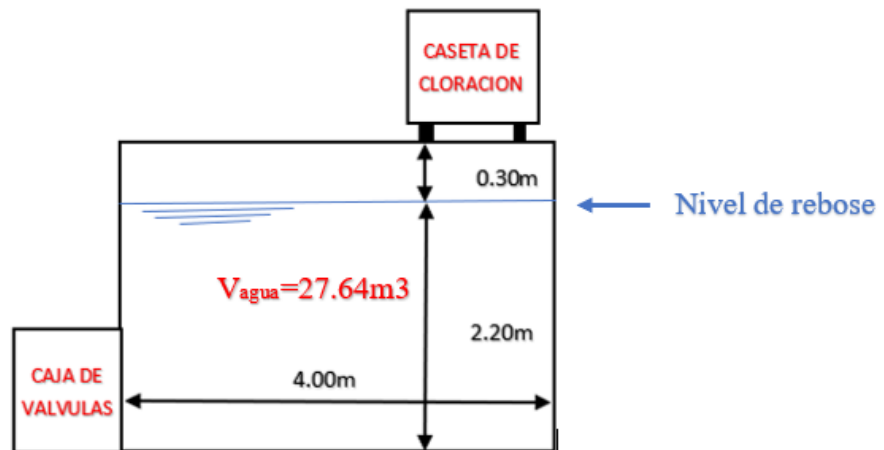
Los datos de los descensos registrados en el reservorio corresponden a las medidas desde la altura del rebose hasta el espejo de agua en el momento de cada lectura. La altura del agua a la hora de la medición se calcula restando la medida tomada del valor total de la altura del rebose. Además, se registraron también los caudales de ingreso al reservorio en las horas posteriores al vaciado total del reservorio, los cuales se obtuvieron al aplicar el método volumétrico en la tubería de entrada al reservorio desde la línea de conducción. La tabla con las medidas obtenidas en campo desde el miércoles 06 de octubre al martes 05 de noviembre, se presenta en el **Anexo C**.

El procedimiento aplicado para determinar los volúmenes de agua para cada hora del día durante los días de medición en el caserío de Santa Rosa, se detalla a continuación:

➤ Cálculo de los volúmenes en el Reservorio Circular

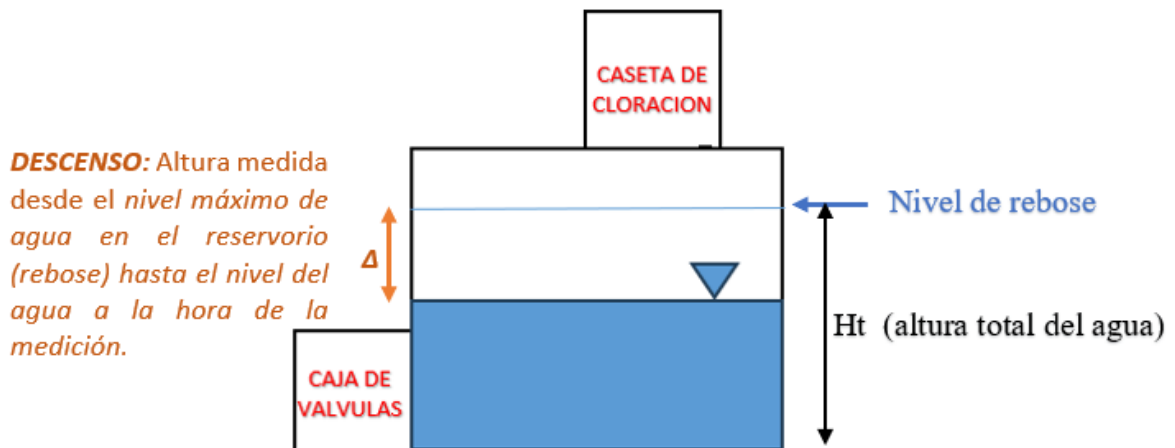
- Altura total de agua en el reservorio: 2.20 m
- Diámetro interno: 4.00 m
- Área de reservorio: 12.56 m²
- Volumen de agua del reservorio: 27.64 m³

Figura 28. Croquis con medidas internas del reservorio Santa Rosa



Para calcular el volumen de agua en el momento de cada medición, en la primera hora se multiplica el descenso medido en campo por el área del reservorio. En las horas siguientes, se resta la altura total medida en campo en la hora actual menos el descenso registrado en la hora anterior para obtener la altura del descenso en la hora registrada. Luego, esta altura del descenso se multiplica por el área del reservorio. Este procedimiento permite obtener el volumen exacto de agua consumida en cada hora registrada.

Figura 29. Croquis del cálculo de descensos en el reservorio



En consecuencia, el volumen consumido por hora será igual a:

$$\text{Volumen} = \text{Descenso} * \text{área del reservorio}$$

Tabla 11. Cuadro de ejemplo del cálculo de volúmenes de consumo a partir de las lecturas de descenso realizados y aforos en el ingreso al reservorio

Miércoles (30/10/2024)				
Hora	lectura (cm)	Δ (cm)	Volumen (m ³)	Caudal (l/s)
6:00-7:00	53	53	6.66	-
7:00-8:00	118	65	8.17	-
8:00-9:00	157	39	4.90	-
9:00-10:00	191	34	4.27	-
10:00-11:00	220	29	3.64	-
11:00-12:00	-	-	-	1.02
12:00-1:00	-	-	-	1.02
1:00-2:00	-	-	-	1.02
2:00-3:00	-	-	-	1.02
3:00-4:00	-	-	-	1.02
4:00-5:00	-	-	-	1.02
5:00-6:00	-	-	-	1.02
6:00-7:00	-	-	-	1.02
7:00-8:00	-	-	-	1.02

← Cálculo a partir de los descensos

← Aforos de caudal de ingreso al reservorio Post vaciado total del Volumen almacenado

- Lectura 1, tomada desde las 6:00 a 7:00 am= 53 cm \approx 0.53m
- Lectura 2, tomada desde las 7:00 a 8:00 am= 118 cm \approx 1.18m
- ✓ Para obtener el volumen consumido de 6:00 a 7:00 am se multiplica el descenso registrado en esa hora por el área del reservorio que es 12.56 m².
 - Volumen= 0.53m * 12.56 m² = 6.66 m³
- ✓ Para obtener el volumen consumido de 7:00 a 8:00 am se resta el descenso registrado en esa hora menos el descenso de la hora anterior y se multiplica por el área del reservorio que es 12.56 m².
 - Volumen= (1.18 – 0.53 m) * 12.56 m² = 8.17 m³
- ✓ Al finalizar el registro de los descensos, se procedió a medir el caudal de ingreso al reservorio en la línea de conducción, aplicando el método volumétrico descrito en la **Ecuación 06 (Ec. 06)**. y registrando estos datos en las tablas hasta las 8 pm que se vuelven a cerrar las válvulas.

Las tablas de Excel completas, en la que se calcularon los volúmenes de consumo de agua por hora para todos los días, basándose en las lecturas de descenso,

incluidos los aforos diarios realizados en el reservorio del caserío de Santa Rosa, se presenta en el **ANEXO C**.

a) Caudal medio o promedio (Qm)

Considerando que el volumen total del reservorio es de 27.64 m^3 y 4.86 h que el promedio de la sumatoria de las horas en las que se consume todo el volumen del reservorio por día durante el tiempo de monitoreo, vamos a proceder a calcular el caudal promedio que estará definido por la **Ec. 01**

Tabla 12. Horas de consumo de agua por día

Día	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes
Horas	5	5	6	4	4	5	5
Prom	4.86						

✓ Reemplazando los datos tenemos:

$$Q_m = \frac{V_r}{\text{Prom} \Sigma h}$$

$$Q_m = \frac{27.64 \text{ m}^3}{4.86 \text{ horas}}$$

$$Q_m = 5.69 \text{ m}^3/h$$

✓ Convertimos a litros por segundo y obtenemos el valor de:

$$Q_m = 1.58 \text{ l/s}$$

b) Caudal máximo diario (Qmd)

El caudal máximo diario, según las Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el **Ámbito Rural** del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, se define como el caudal medio multiplicado por el coeficiente de variación de consumo diaria (**K1**).

En nuestro caso, ya hemos determinado el valor del caudal medio, y del coeficiente de variación diaria (**K1**) cuyo valor de **1.24**.

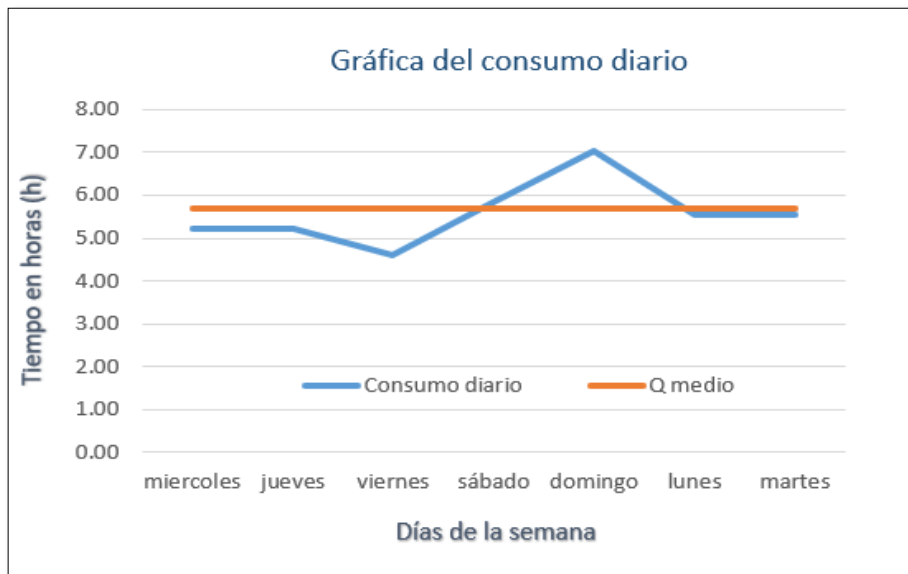
Entonces procedemos a reemplazar valores:

$$Q_{md} = Q_m * K1$$

$$Q_{md} = 5.69 \text{ m}^3/h * 1.24$$

$$Q_{md} = 7.03 \text{ m}^3/h \approx 1.95 \text{ l/s}$$

Gráfico 1. Gráfico del consumo diario, semanal



En el gráfico también verificamos que el Q_{md} es de $7.03 \text{ m}^3/\text{h}$, convertimos a litros por segundo y obtenemos el valor de:

$$Q_{md} = 1.95 \text{ l/s}$$

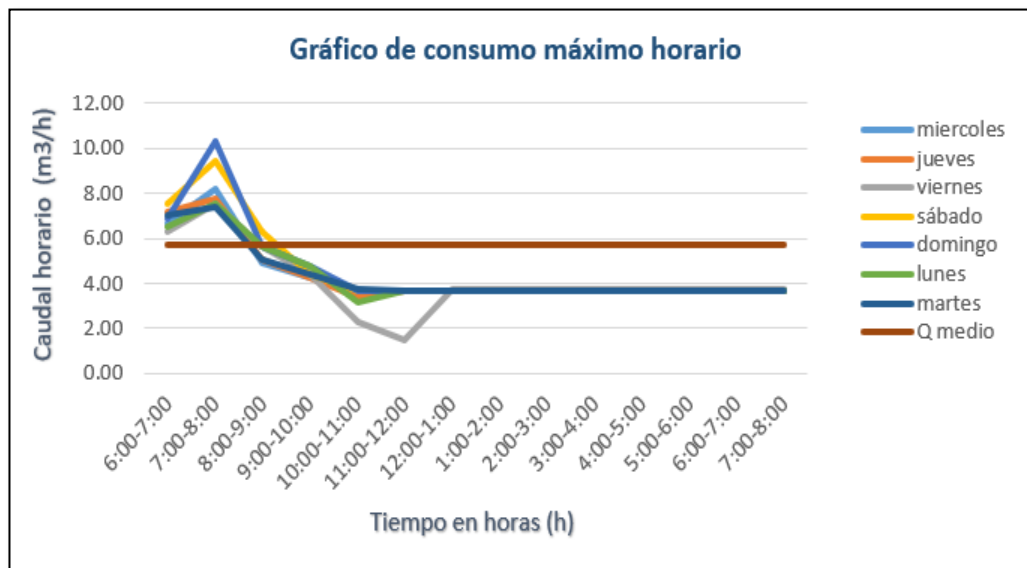
c) Caudal máximo horario (Q_{mh})

El caudal máximo horario se representa por el mayor volumen de agua consumido en una sola hora durante los días de registro y se determina a partir de los valores de consumo presentados en la siguiente tabla:

Tabla 13. Cuadro de caudales diarios reales calculados a partir de los descensos, expresados en (m^3/h), junto con los cálculos aforados en el reservorio.

Hora/Días	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Máx
6:00-7:00	6.66	7.16	6.28	7.54	6.91	6.53	7.04	7.54
7:00-8:00	8.17	7.79	7.54	9.42	10.30	7.54	7.41	10.30
8:00-9:00	4.90	5.03	5.65	6.28	5.65	5.65	5.03	6.28
9:00-10:00	4.27	4.27	4.40	4.40	4.78	4.78	4.40	4.78
10:00-11:00	3.64	3.39	2.26	3.69	3.70	3.14	3.77	3.77
11:00-12:00	3.68	3.66	1.51	3.69	3.70	3.65	3.69	3.70
12:00-1:00	3.68	3.66	3.77	3.69	3.70	3.65	3.69	3.77
1:00-2:00	3.68	3.66	3.77	3.69	3.70	3.65	3.69	3.77
2:00-3:00	3.68	3.66	3.77	3.69	3.70	3.65	3.69	3.77
3:00-4:00	3.68	3.66	3.77	3.69	3.70	3.65	3.69	3.77
4:00-5:00	3.68	3.66	3.77	3.69	3.70	3.65	3.69	3.77
5:00-6:00	3.68	3.66	3.77	3.69	3.70	3.65	3.69	3.77
6:00-7:00	3.68	3.66	3.77	3.69	3.70	3.65	3.69	3.77
7:00-8:00	3.68	3.66	3.77	3.69	3.70	3.65	3.69	3.77

Gráfico 2. Variaciones de consumo horario en el Sistema de agua de Santa Rosa



Según la Tabla N°13 y el gráfico N°2, se define:

- La hora de máximo consumo es de 7:00 a.m. a 8:00 a.m.
- El valor del caudal máximo horario es: ($Q_{mh} = 10.30 \text{ m}^3/\text{h}$).

∴ El valor del caudal máximo horario es de:

$$Q_{mh} = 2.86 \text{ l/s}$$

d) Coeficiente de variación de Consumo diaria (K1)

Se anotaron las horas de consumo cada día durante el tiempo evaluado. Después, se sacó un promedio y se comparó el día de mayor consumo dividiéndolo por este promedio.

Tabla 14. Coeficiente de variación diaria

Días	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Prom	k1
Horas	5	5	6	4	4	5	5	4.86	1.24

∴ El Coeficiente de variación de Consumo diaria (K1) es 1.24.

e) Coeficiente de variación de Consumo diaria (K2)

El coeficiente de variación de consumo horaria (K2), lo calcularemos con la fórmula definida en la EC. 05

Los valores de Qmd y Qm ya han sido calculados previamente, por lo que solo es necesario reemplazarlos en la fórmula.

$$K2 = \frac{\text{Caudal máximo horario (Qmd)}}{\text{Caudal medio (Qm)}} = \frac{2.86 \text{ l/s}}{1.58 \text{ l/s}} = 1.81$$

∴ El coeficiente de consumo horaria es **K2 = 1.81**.

Según el RNE, los valores aceptables para los coeficientes de variación de consumo de los sistemas de agua potable son:

- Coeficiente de variación de consumo diaria (K1): 1.3
- Coeficiente de variación de consumo horaria (K2): 1.8 – 2.5
- K3= K2 (Densidad pobl. Multifamiliar); K1 x K2 (Densidad unifamiliar)

Comparando nuestros valores obtenidos a partir de las mediciones en campo con lo establecido en el Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.), podemos afirmar lo siguiente:

- El valor calculado de K1 es 1.24, que se aproxima al valor establecido por el reglamento vigente (1.3).
- El valor calculado de K2 es 1.81, se encuentra dentro del rango recomendado por el reglamento vigente (1.8 – 2.5).

4.1.4. Evaluación hidráulica de los componentes del sistema de Agua Potable de la localidad de Santa Rosa

4.1.4.1. Captación

Esta evaluación se enfoca en analizar el desempeño hidráulico de la captación de Santa Rosa, asegurando su capacidad para satisfacer la demanda de agua.

a) Caudal de Captación

Los resultados del aforo, se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 15. Resultados del aforo volumétrico de agua en la captación

Nº DE PRUEBA	VOLUMEN (litros)	TIEMPO (seg)
1	20	19.03
2	20	19.36
3	20	19.64
4	20	19.15
5	20	19.20
Total		96.38

El tiempo promedio (t) = 96.38/5 = 19.27 seg.

Aplicando la fórmula de caudal, quedaría:

$$\text{Caudal (Q)} = \frac{\text{Volumen (V)}}{\text{Tiempo (t)}}$$

$$\text{Caudal (Q)} = \frac{20 \text{ litros}}{19.27 \text{ seg.}} = 1.04 \text{ l/s}$$

El caudal medido es de **1.04 l/s**, registrado en el mes de octubre durante la época de estiaje. Este valor corresponde al caudal medio aforado de la captación.

Procedemos a comparar este valor con el caudal medio obtenido a partir de las mediciones de los descensos en el reservorio, detallados en el Ítem 4.1.2.

- Caudal medio captación de agua Mutuy: **1.04 l/s**.
- Caudal medio calculado en **Ítem 4.1.2: 1.58 l/s**

Podemos observar que la variación es de 0.54 l/s, lo que indica una discrepancia entre el caudal aforado en la fuente y el caudal obtenido a partir de las mediciones en el reservorio. Esta diferencia podría deberse a pérdidas en el sistema de conducción, variaciones en el consumo, o a una eficiencia de captación y almacenamiento que no es óptima.

Para realizar el análisis de los componentes, utilizaremos el valor del caudal medio de **1.58 l/s**.

Figura 30. Medición del caudal de agua cruda en la entrada de línea de conducción al reservorio



b) Cámara Húmeda de la Captación

El ancho de la pantalla se determina en función de las características propias del afloramiento. En la captación de Santa Rosa, está definido de manera que pueda captar la totalidad del agua que aflora del subsuelo.

- Caudal medio es de 1.58 l/s.
- Caudal máximo diario es de **1.95 l/s**.

El análisis lo realizamos con el caudal máximo diario para asegurar que la cámara húmeda tenga suficiente capacidad para manejar el flujo máximo esperado, evitando posibles problemas de desbordamiento o ineficiencia durante los picos de demanda.

Verificamos el volumen de la cámara húmeda haciendo uso de la **Ec. 06**.

El caudal de diseño se debe de verificar (de 3 a 5 minutos)

$$\text{Volumen (V)} = \text{Caudal (Q)} * \text{Tiempo (t)}$$

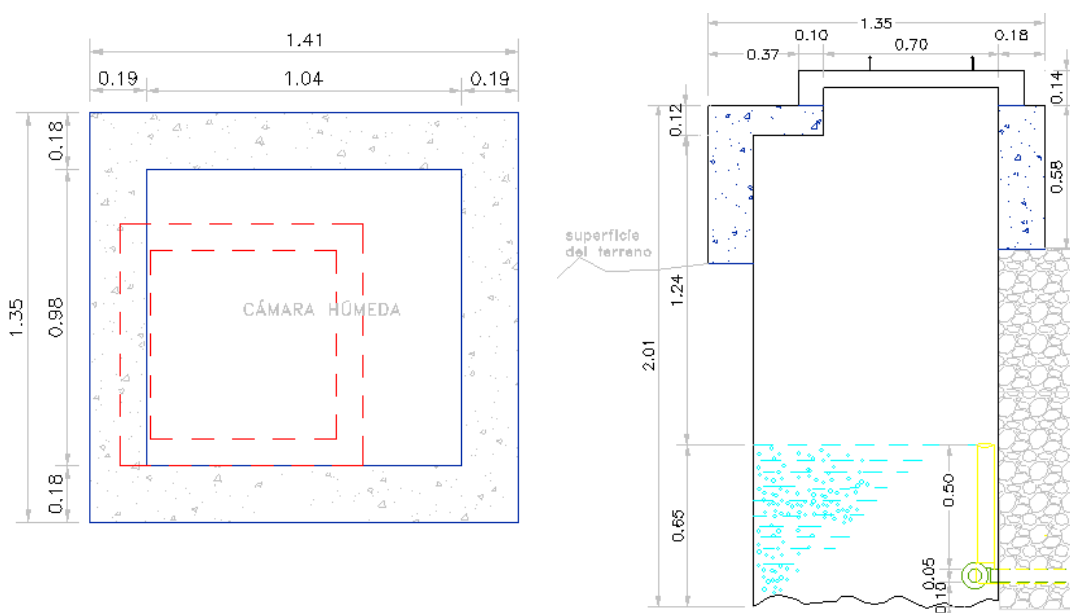
Tomaremos (t)= 3min= 180 seg.

$$(V) = 1.95 \frac{l}{seg} * 180 \text{ seg.} = 351 \text{ l.}$$

Por lo tanto, el volumen que debe de tener la cámara húmeda de la captación es de 351 litros.

Ahora corroboramos si las medidas de la cámara húmeda de la captación, tomadas en campo, cumplen con el almacenamiento de ese volumen.

Figura 31. Dimensiones de la captación existente del sistema de Santa Rosa



A partir de las mediciones tomadas en campo, se calculó que el volumen hidráulico de la cámara húmeda es de 662.48 litros, utilizando un tiempo de retención de 1 minuto para este volumen.

$\therefore 662.48 \text{ litros} > 351 \text{ litros.}$

Así, verificamos que la estructura de la cámara húmeda cumple con las dimensiones recomendadas para el diseño.

c) Altura total de la cámara húmeda

Para determinar la altura de la cámara húmeda (H_t) se utiliza la ecuación:

$$H_t = A + B + C + E + H$$

Donde:

A: 20 cm (Altura del filtro aproximado)

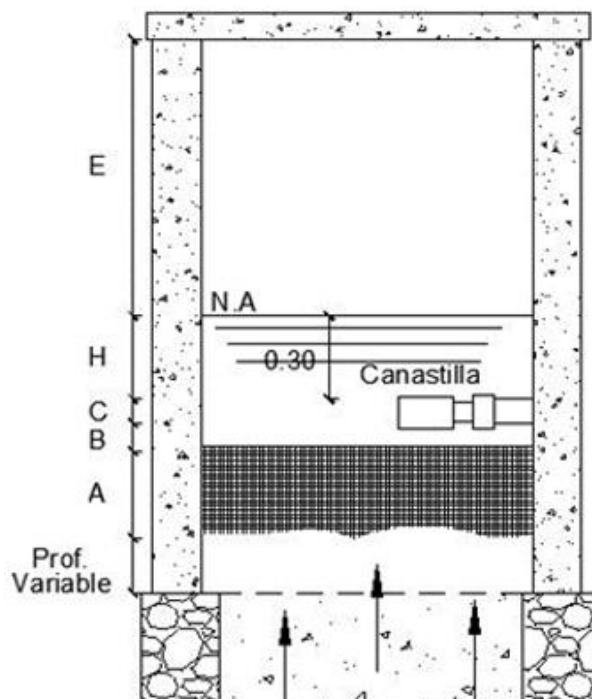
B: 10 cm (Altura de la base de la caja hasta la tubería de salida)

C: 5.08 cm = 2" (Diámetro de la tubería de salida)

E: 1.24 m (Borde libre)

H: Altura de agua (Analizaremos)

Figura 32. Croquis de la captación



El valor de la carga requerida (H) se define mediante la ecuación:

$$H = 1.56 \times \frac{V^2}{2g} = 1.56 \times \frac{0.851^2}{2 \times 9.81} = 0.058 \text{ m}$$

Resulta:

- H1= 50 cm (altura del agua obtenido en campo)
- H2 = 5.8 cm (altura del agua según cálculo)

El valor de la altura total sería:

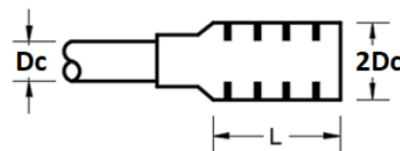
- Ht=**1.89 m (altura obtenida en campo).**
- Ht=**1.69 m (altura según cálculo).**

En ambos casos es la altura total interna de la cámara húmeda medida desde la base de la estructura.

Con estas medidas de la altura total de la cámara húmeda, corroboramos que la altura obtenida en campo de 1.89 metros es mayor que la dimensión requerida para el diseño, que es de 1.69 metros. Incluso si utilizamos los 0.30 metros de altura de agua (H) recomendados por el Programa Nacional de Saneamiento Rural en lugar de los 0.058 metros, obtendríamos una altura total (Ht) de 1.89 metros, que sigue siendo igual que la altura obtenida en campo. Por lo tanto, concluimos que el dimensionamiento de la estructura existente es adecuado.

d) Dimensiones de la canastilla

Según la inspección realizada durante la visita de campo, constatamos que el diámetro de la tubería de salida hacia la línea de conducción (Dc) es de 2". La canastilla tiene una longitud (L) de 0.21 m y un diámetro de 4".



Para la verificación debemos corroborar que el diámetro de la canastilla debe ser 2 veces el "Dc" por consiguiente:

- D canastilla = 2x 2" = 4" **ok**

También verificamos que la longitud de la canastilla (L) sea mayor a 3 Dc. y menor a 6 Dc.

- L=3x 2" = 3 x 5.08 cm= 15.24cm =16 cm.
- L= 6 x 2" = 6 x 5.08 cm= 30.48 cm=31 cm.

Por lo tanto, basándonos en las medidas tomadas en campo y la corroboración de los cálculos, podemos concluir que se cumple con la relación de diseño, siendo el diámetro de la canastilla el doble del diámetro de conducción. Además, con una longitud de 0.21 m, la canastilla también cumple con la relación de estar entre el rango 3 Dc y 6 Dc.

Figura 33. Canastilla de la cámara húmeda



e) Tubería de limpia y rebose

El diámetro de la tubería de limpieza y rebose verificado en campo es de 2". Para verificar si este diámetro es adecuado, se utiliza la siguiente ecuación:

$$D = \frac{0.71 Q^{0.38}}{S^{0.21}}$$

Donde:

- D = Diámetro en pulgadas
- Qmd = Caudal máximo diario (1.95 l/s)
- Hf = S = Perdida de carga unitaria: (0.015 m/m)

Aplicando la fórmula tenemos que:

$$D = \frac{0.71 \times 1.95^{0.38}}{0.015^{0.21}} = 2.21'' \approx 2''$$

Con este resultado, confirmamos que el diámetro de 2" de la tubería de limpia y rebose de la captación de Santa Rosa es la adecuada para un óptimo funcionamiento hidráulico.

4.1.4.2. Línea de conducción

La línea de conducción del sistema de agua de Santa Rosa tiene un diámetro de 2 pulgadas. Según los datos recopilados en el campo y lo estipulado en el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), procederemos a analizar el diseño de la línea de conducción. A continuación, se presentan los datos relevantes para el análisis.

- Caudal máximo diario : 1.95 l/s
- Material de la Tubería : Clase 10
- Coeficiente de Hazen Williams : 140
- Presión Mínima : 5 m.c.a
- Presión Máxima : 50 m.c.a
- Velocidad Mínima : 0.6 m/s
- Velocidad Máxima : 3 m/s

a) Verificación de los diámetros máximo y mínimo de la tubería

Para asegurarnos de que este diámetro es el adecuado, debemos verificar que se encuentra entre los diámetros máximo y mínimo, los cuales se calculan utilizando las siguientes ecuaciones:

➤ Diámetro máximo:

Hacemos uso de la **Ec. 07**

Donde:

- $Q_{md} = 1.95$ l/s.
- $V_{min} =$ Velocidad mínima (0.6 m/s).

Entonces reemplazando datos, tenemos:

$$D_{m\acute{a}x} = \sqrt{\frac{4 * 0.00195}{\pi * 0.6 \text{ m/s}}}$$

$$D_{m\acute{a}x} = 0.06432 \text{ m}$$

$$D_{m\acute{a}x} = 2.53''$$

$$D_{m\acute{a}x} = 2.5'' \text{ (Diámetro comercial)}$$

➤ Diámetro mínimo:

Hacemos uso de la **Ec. 08**

Donde:

- $Q_{md} = 1.95$ l/s

- V_{max} = Velocidad máxima (3 m/s).

Entonces reemplazando datos, tenemos:

$$D_{min} = \sqrt{\frac{4 * 0.00165}{\pi * 3 \text{ m/s}}}$$

$$D_{min} = 0.0287 \text{ m}$$

$$D_{min} = 1.129''$$

$$D_{min} = 1'' \text{ (Diámetro comercial)}$$

Según lo verificado en los cálculos, el diámetro mínimo de la tubería debería ser de 1" y el diámetro máximo de 2.5". Por lo tanto, el diámetro actual de 2" del sistema de agua de Santa Rosa se encuentra dentro del límite de diámetros aceptables, lo que asegura un funcionamiento adecuado.

b) Verificación de las Cámaras Rompe Presión Tipo- 6

El número de cámaras rompe presión T-6 está definida por la siguiente ecuación:

$$N^{\circ}CRP \text{ T6} = \frac{(\text{Cota captación} - \text{Cota reservorio})}{50}$$

Sabemos que:

- Cota de captación: 2741.59 m.s.n.m
- Cota de reservorio: 2732.49 m.s.n.m

En los planos de líneas de conducción, se debe ubicar la cantidad de Cámaras Rompe Presiones necesarias, calculadas en función de los tramos donde el desnivel máximo no supere los 50 metros.

Reemplazando los datos, tenemos:

$$N^{\circ}CRP \text{ T6} = \frac{(2741.59 - 2732.49)}{50} = 0$$

El cálculo realizado indica que no es necesario instalar Cámaras Rompe Presiones tipo T6 (CRP-T6) en la línea de conducción para que la presión funcione adecuadamente. Esto confirma la coherencia entre el diseño actual, que ya opera sin CRP-T6, y los resultados obtenidos, demostrando que el sistema funciona correctamente sin necesidad de este tipo de cámaras.

c) Verificación de la velocidad de flujo

Verificamos si la velocidad de flujo real en la tubería de la línea de conducción está dentro del rango establecido de 0.6 m/s a 3 m/s, considerando el caudal máximo diario de **1.95 l/s**.

$$V = \frac{\text{Caudal (Qmd)}}{\text{Área (A)}}$$
$$V = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} = \frac{4 * 0.00195}{\pi * 0.054^2} = 0.851 \text{ m/s}$$

La tubería de la línea de conducción está trabajando a una velocidad de 0.851 m/s, este valor se encuentra dentro del rango de velocidades permisibles para tuberías de PVC.

d) Verificación las pérdidas de carga

➤ Pérdida de carga unitaria (hf_{unit})

La pérdida de carga unitaria en una tubería de la línea de conducción es la disminución de presión por unidad de longitud debido a la fricción del agua contra las paredes de la tubería. Para verificarla, utilizamos las fórmulas de las **Ecuaciones 10 (Ec. 10)**.

En nuestro caso, la tubería instalada en la línea de conducción de Santa Rosa tiene un diámetro de 2" (equivalente a 54.60 mm). Para este diámetro y tipo de tubería, se debe utilizar la fórmula de Hazen-Williams para calcular la pérdida de carga unitaria.

$$hf_{unit} = 10.674 * \frac{Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}}$$
$$hf_{unit} = 10.674 * \frac{0.00195^{1.852}}{140^{1.852} * 0.05420^{4.871}} = 0.0159$$

➤ Pérdida de carga por tramo (hf_{tramo})

Hacemos uso de la **Ec. 11**:

Reemplazamos los valores:

$$hf_{tramo} = 0.0159 * 129.16 = 2.054$$

➤ Pérdida de carga por accesorios (ΔH_i)

Hacemos uso de la **Ec. 12**:

Para el valor del coeficiente de pérdida k_i consideramos 3 codos estándar, los cuales tienen el valor aproximado de 0.2. En cuanto a los valores de la velocidad y la gravedad, estos ya son conocidos por lo que procedemos a reemplazarlo:

$$\Delta H_i = h_{\text{local}} = 0.6 * \frac{0.851^2}{2 * 9.81} = 0.022$$

➤ **Encontramos la cota piezométrica (C_p)**

Para este caso, hacemos uso de la **Ec. 13**

Reemplazando los valores:

$$C_p = Cota_i - hf_{\text{tramo}} - hf_{\text{local}}$$

$$C_p = 2741.59 - 2.05 - 0.022 = 2739.51$$

e) **Verificación la carga dinámica o presión en el reservorio**

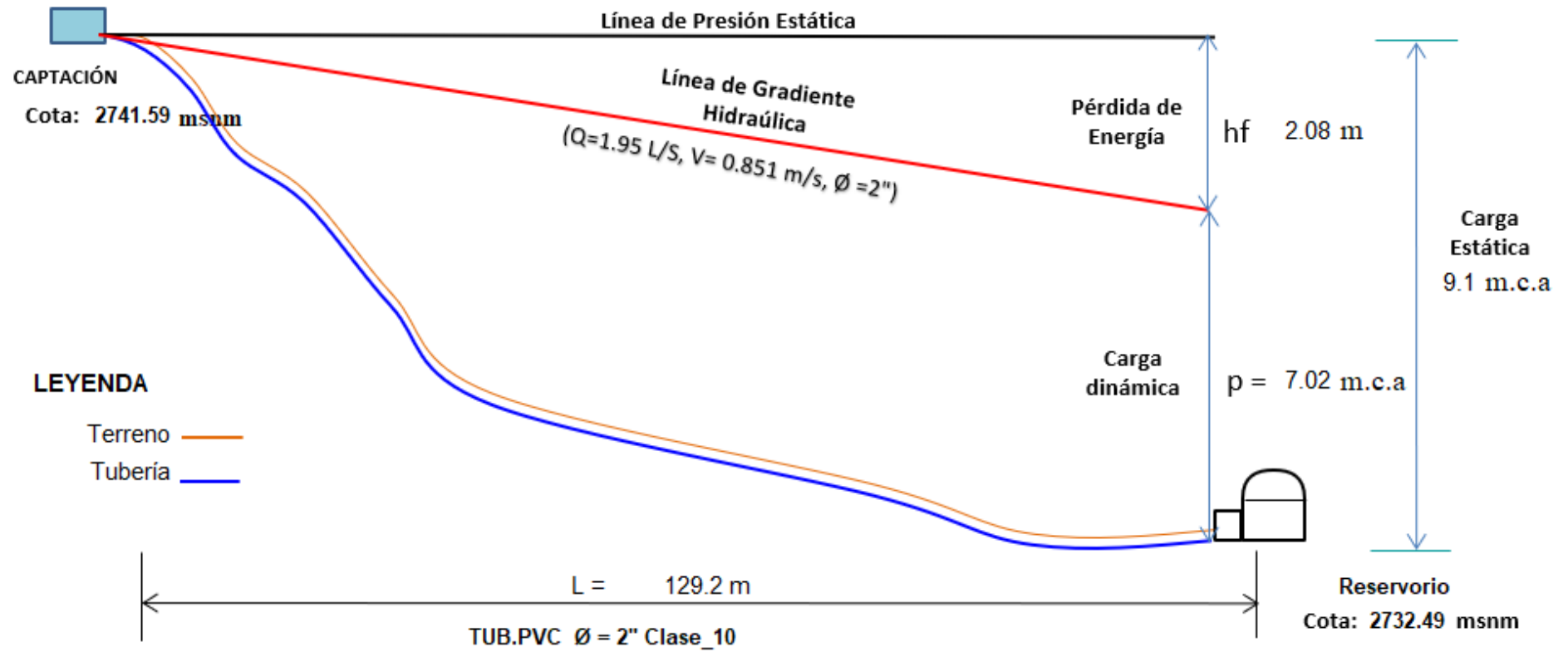
La presión con la que llega el agua al reservorio se define como la diferencia entre la cota piezométrica y la cota final, o cota del reservorio.

$$P = C_p - C_f = 2739.51 - 2732.49 = 7.02 \text{ m.c.a}$$

Con esto verificamos que la presión sí cumple, ya que se encuentra dentro del rango aceptable de 5 m.c.a a 50 m.c.a.

A continuación, presentamos un croquis de la línea de conducción, donde se detallan los valores calculados durante la verificación.

Figura 34. Perfil longitudinal de la línea de conducción - Tramo captación a reservorio de Santa Rosa



4.1.4.3. Reservorio de almacenamiento

El reservorio se analiza en función a las dimensiones de sus medidas tomadas en campo y que están representadas en la **FIGURA 28**, el cual nos indica que su volumen de agua es de $27.64m^3$. Vamos a corroborarlo a continuación:

- Según el MVCS nos indica que el volumen del reservorio debe ser el 25% o 30 % del caudal medio diario, para lo cual se debe utilizar la siguiente ecuación.

$$V = 25\% * Q_m$$

- Si consideramos 24 horas de aporte al día:
 - Volumen del reservorio (m^3) = $0.25 \times Q_m \times 24$ horas
 - Volumen = $0.25 \times 5.69 \frac{m^3}{h} \times 24$ horas = $24.6 m^3$
 - Volumen = $34.14 m^3 \approx 35.00 m^3$

Según el valor obtenido, el reservorio debería tener un volumen de **35 m³** para garantizar un suministro adecuado; sin embargo, los datos de campo muestran un volumen de $27.64 m^3$. Por lo tanto, se determina que el reservorio no cuenta con la capacidad suficiente para satisfacer las necesidades de la población, ya que su volumen actual es inferior al recomendado por el **MVCS**.

El porcentaje de consumo horario es equivalente la división entre el promedio de consumo de cada hora y el volumen del reservorio $27.64 m^3$.

Tabla 16. Porcentaje de consumo horario

Hora/Días	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo	lunes	martes	Prom.	%
6:00-7:00	6.66	7.16	6.28	7.54	6.91	6.53	7.04	6.88	20.00
7:00-8:00	8.17	7.79	7.54	9.42	10.30	7.54	7.41	8.31	30.00
8:00-9:00	4.90	5.03	5.65	6.28	5.65	5.65	5.03	5.46	19.00
9:00-10:00	4.27	4.27	4.40	4.40	4.78	4.78	4.40	4.47	16.00
10:00-11:00	3.64	3.39	2.26	3.69	3.70	3.14	3.77	3.37	12.00
11:00-12:00	3.68	3.66	1.51	3.69	3.70	3.65	3.69	3.37	12.00
12:00-1:00	3.68	3.66	3.77	3.69	3.70	3.65	3.69	3.69	13.00
1:00-2:00	3.68	3.66	3.77	3.69	3.70	3.65	3.69	3.69	13.00
2:00-3:00	3.68	3.66	3.77	3.69	3.70	3.65	3.69	3.69	13.00
3:00-4:00	3.68	3.66	3.77	3.69	3.70	3.65	3.69	3.69	13.00
4:00-5:00	3.68	3.66	3.77	3.69	3.70	3.65	3.69	3.69	13.00
5:00-6:00	3.68	3.66	3.77	3.69	3.70	3.65	3.69	3.69	13.00
6:00-7:00	3.68	3.66	3.77	3.69	3.70	3.65	3.69	3.69	13.00
7:00-8:00	3.68	3.66	3.77	3.69	3.70	3.65	3.69	3.69	13.00

Gráfico 3. Hidrograma de consumo horario (% consumo/horas)



a) Verificamos la cloración por goteo en el reservorio

Vamos a verificar si la cantidad de hipoclorito de calcio que se suministra al reservorio de manera quincenal es la adecuada. Actualmente, se aplican 1 kg en cada recarga, lo que equivale a 2 kg mensuales.

A continuación, presentamos la tabla resumen con el procedimiento de cálculo, cuyos resultados compararemos con la cantidad de hipoclorito de calcio que se está suministrando en la práctica.

Tabla 17. Análisis de caudal de goteo en el reservorio de Santa Rosa

Descripción	Formula	Resultado	Unidad	Comentario
Numero de familias asociadas a la JASS	F	200	---	Empadronamiento
Numero de miembros por familia asociada	M	2.39	hab/fam	
Numero total de habitantes (usuarios)	$U=F*M$	478	hab	
Dotacion de agua por habitante por dia	D	80	lt/hab/dia	R.M 2018 MVCS
Periodo de recarga de Hipoclorito de calcio en Tanque	T	15	dias	De 0 a 50 fam (30d), de 50 a 100 (15d), mas de 100 (7d)
Cantidad de agua para la población en el periodo de recarga	$V=U*D*T$	573600	lt	
Concentracion de la solucion en tanque dosador	C	1.5	mg/lt	En 1 kg de HTH hay 0.7 kg de cloro
% de cloro libre en el hipoclorito de calcio	%	70%	---	
Cantidad de hipoclorito de calcio	$\lambda=(V*C)/(\%*100)$	1229.1429	gr	
Cantidad de hipoclorito de calcio a recargar	P	1.229	kg	

Descripción	Formula	Resultado	Unidad	Comentario
Volumen del tanque de dosificación (Dosador)	VT	600	lt	De 0 a 50 fam (300l), de 50 a 100 (600l), mas de 100 (1100l)
Caudal de Goteo que se aplicará en el reservorio	$Q=(25 \times VT)/(3 \times 6 \times T)$	27.80	ml/min	
Caudal de Goteo redondeado que se aplicará en el reservorio	Q	28.00 ml	ml/min	Habilitar recipiente graduado a 5ml o 10ml

El cálculo indica que se deberían aplicar aproximadamente 1.229 kg de hipoclorito de calcio en cada recarga quincenal, lo que sería 2.458 kg por recarga mensual, en lugar de los 2 kg que se están utilizando actualmente. Esto indica que la dosificación actual es insuficiente para garantizar una desinfección adecuada, por lo que es necesario ajustar la cantidad de hipoclorito de calcio hacia arriba para alinearse mejor con los cálculos técnicos y asegurar una desinfección efectiva del agua en el reservorio.

4.1.4.4. Redes de distribución

La red de agua instalada en el caserío de Santa Rosa es una red abierta que abastece a 200 familias. Debido a esta configuración de la red, es que se debe analizar con los criterios establecidos en la Norma Técnica: Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural del Ministerio de Vivienda.

Para la evaluación de las redes de distribución, se realizó el levantamiento topográfico de la zona para obtener las cotas de cada nudo de la red de distribución y también se obtuvo el plano de la red de tuberías principales de donde se ha obtenido los diámetros de las tuberías principales en cada calle.

El modelamiento de las redes de agua en el software WaterCAD se realizó utilizando el Caudal Máximo Horario obtenido en campo.

$$- Q_{mh} = 2.86 \text{ l/s}$$

En base a este Q_{md} , determinamos el caudal por ramal a partir del método de probabilidad, que se basa en el número de puntos de suministro y en el coeficiente de simultaneidad. El caudal por ramal es:

$$Q_{ramal} = K * \sum Q_g$$

Donde:

$$- Q_{ramal}: \text{Caudal de cada ramal en l/s.}$$

- K : Coeficiente de simultaneidad, entre 0,2 y 1.

$$K=1\sqrt{(x-1)}$$

Donde:

- x : número total de grifos en el área que abastece cada ramal.
- Qg : Caudal por grifo (l/s)

Bajo ese criterio se calculó los caudales unitarios para cada ramal, obteniendo los siguientes caudales:

Tabla 18. Cálculo de caudal por tramo

TRAMO		Nº de Viviendas	Gasto por Tramo (l/s)
Inicio	Fin		
RESERVORIO	J-1	0	0.000
J-1	J-2	3	0.043
J-1	J-15	12	0.172
J-4	J-5	4	0.057
J-4	J-29	2	0.029
J-5	J-6	5	0.072
J-5	J-28	12	0.172
J-6	J-7	2	0.029
J-6	J-14	4	0.057
J-7	J-8	6	0.086
J-7	J-11	2	0.029
J-2	J-3	4	0.057
J-2	J-16	9	0.129
J-3	J-4	4	0.057
J-8	J-9	6	0.086
J-16	J-18	16	0.229
J-16	J-17	4	0.057
J-9	J-10	9	0.129
J-18	J-21	27	0.386
J-18	J-19	13	0.186
J-11	J-13	7	0.100
J-11	J-12	11	0.157
J-25	J-26	1	0.014
J-25	J-27	3	0.043
J-23	J-25	1	0.014
J-23	J-24	9	0.129
J-21	J-23	5	0.072
J-21	J-22	9	0.129
J-19	J-20	10	0.143
TOTAL		200	2.862

Con estos caudales, se procedió a realizar el modelado hidráulico en WaterCAD, obteniéndose las presiones estáticas en cada nudo de la red de distribución, como se presenta a continuación:

Tabla 19. Reporte de presión en los puntos de la red de distribución

Punto	Cota de terreno(m)	Cota piezométrica (m)	Presión (m H₂O)
J-1	2727.00	2732.47	5.46
J-2	2721.04	2730.83	9.54
J-3	2708.22	2730.33	21.76
J-4	2688.15	2729.77	41.16
J-5	2689.16	2729.63	39.79
J-6	2683.71	2688.78	5.05
J-7	2674.00	2688.64	14.58
J-8	2661.02	2688.56	27.44
J-9	2652.42	2688.52	35.98
J-10	2652.34	2687.98	34.32
J-11	2674.35	2688.26	13.80
J-12	2665.36	2686.62	20.91
J-13	2680.61	2687.97	7.22
J-14	2682.88	2688.75	5.84
J-15	2695.99	2731.70	35.52
J-16	2714.43	2729.40	14.51
J-17	2672.00	2729.20	56.63
J-18	2650.59	2682.60	31.81
J-19	2653.89	2672.35	16.88
J-20	2646.44	2669.85	21.49
J-21	2634.87	2651.39	14.09
J-22	2632.13	2650.56	13.89
J-23	2633.48	2648.98	13.76
J-24	2640.95	2646.85	5.12
J-25	2629.57	2648.83	14.49
J-26	2629.38	2648.83	14.83
J-27	2629.57	2648.75	15.39
J-28	2668.97	2728.64	55.02
J-29	2671.44	2729.74	57.80

Fuente: Reporte del software WaterCAD

De acuerdo con los resultados mostrados en la **Tabla 19**, la presión máxima alcanzada en el sistema es de 57.80 m.c.a., mientras que la presión mínima registrada es de 5.05 m.c.a. Esto indica que las presiones en la red se encuentran dentro del rango

establecido por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) para poblaciones rurales, que oscila entre 5 m.c.a. y 60 m.c.a.

Ahora procederemos a analizar en la **Tabla 20** el reporte de velocidades para verificar que se encuentren dentro del rango establecido por la normativa.

Tabla 20. Reporte de caudales y velocidades en de la red de distribución

Resultado de caudales y velocidades en la red de distribución - Santa Rosa										
PUNTO INICIAL	PUNTO FINAL	TUBERÍA	Longitud (m)	Ø Interior (mm)	Ø Nominal (pulg)	Hazen-Williams C	Caudal (L/s)	Velocidad (m/s)	Fórmula Aplicada	
J-1	J-2	PVC C-10	89.15	54.2	2	140	2.262	0.980	Hazen-Williams	
J-1	J-15	PVC C-10	346.02	29.4	1	-----	0.145	0.310	Fair- Whipple	
J-4	J-5	PVC C-10	52.38	54.2	2	140	0.818	0.350	Hazen-Williams	
J-4	J-29	PVC C-10	109.36	22.9	3/4	-----	0.024	0.360	Fair- Whipple	
J-5	J-28	PVC C-10	129.82	22.9	3/4	-----	0.145	0.350	Fair- Whipple	
J-5	CRP T7-2	PVC C-10	40.77	54.2	2	140	0.625	0.340	Hazen-Williams	
J-6	J-7	PVC C-10	120.43	54.2	2	140	0.517	0.330	Hazen-Williams	
J-6	J-14	PVC C-10	126.59	29.4	1	-----	0.048	0.300	Fair- Whipple	
J-7	J-8	PVC C-10	256.71	54.2	2	140	0.252	0.310	Hazen-Williams	
J-7	J-11	PVC C-10	66.89	29.4	1	-----	0.241	0.360	Fair- Whipple	
J-2	J-3	PVC C-10	139.79	54.2	2	140	0.938	0.410	Hazen-Williams	
J-2	J-16	PVC C-10	221.09	54.2	2	140	1.288	0.560	Hazen-Williams	
J-3	J-4	PVC C-10	170.05	54.2	2	140	0.89	0.390	Hazen-Williams	
J-8	J-9	PVC C-10	234.94	54.2	2	140	0.18	0.300	Hazen-Williams	
J-16	J-17	PVC C-10	201.19	22.9	3/4	-----	0.048	0.320	Fair- Whipple	
J-16	CRP T7-1	PVC C-10	188.55	54.2	2	140	1.132	0.490	Hazen-Williams	
J-9	J-10	PVC C-10	122.15	22.9	3/4	-----	0.108	0.300	Fair- Whipple	
J-18	J-21	PVC C-10	249.02	22.9	3/4	-----	0.661	1.600	Fair- Whipple	
J-18	J-19	PVC C-10	406.95	22.9	3/4	-----	0.278	0.670	Fair- Whipple	
J-11	J-13	PVC C-10	345.38	29.4	1	-----	0.084	0.320	Fair- Whipple	
J-11	J-12	PVC C-10	253.47	22.9	3/4	-----	0.133	0.320	Fair- Whipple	
J-25	J-26	PVC C-10	4.34	22.9	3/4	-----	0.012	0.320	Fair- Whipple	
J-25	J-27	PVC C-10	149.52	22.9	3/4	-----	0.036	0.330	Fair- Whipple	
J-23	J-25	PVC C-10	98.81	22.9	3/4	-----	0.06	0.350	Fair- Whipple	
J-23	J-24	PVC C-10	487.07	22.9	3/4	-----	0.108	0.360	Fair- Whipple	
J-21	J-23	PVC C-10	137.77	22.9	3/4	-----	0.228	0.550	Fair- Whipple	
J-21	J-22	PVC C-10	189.36	22.9	3/4	-----	0.108	0.360	Fair- Whipple	
J-19	J-20	PVC C-10	462.34	22.9	3/4	-----	0.121	0.300	Fair- Whipple	
O	J-1	PVC C-10	3.25	54.2	2	140	2.407	1.040	Hazen-Williams	
CRP T7-1	J-18	PVC C-10	202.35	54.2	2	140	1.132	0.490	Hazen-Williams	
CRP T7-2	J-6	PVC C-10	56.97	54.2	2	140	0.625	0.340	Hazen-Williams	

Fuente: Reporte del software WaterCAD

Los resultados del reporte de velocidades en la red de distribución del sistema de Santa Rosa indican una velocidad máxima de 1.60 m/s y una velocidad mínima de 0.30 m/s. De acuerdo con la normativa, las velocidades en las tuberías deben estar

entre 0.6 m/s y 3 m/s. En el peor de los casos, la normativa establece que la velocidad mínima debe ser de 0.3 m/s.

En este contexto, la velocidad máxima de 1.60 m/s se encuentra dentro del rango recomendado por la normativa. Sin embargo, aunque la velocidad mínima de 0.30 m/s no alcanza el estándar requerido, sí se ajusta a la velocidad mínima aceptable establecida para poblaciones rurales según el MVCS.

El plano de modelamiento hidráulico se muestra en el **ANEXO K**.

4.1.4.5. Cámaras Rompe Presiones T-7

La normativa vigente para cámaras rompe presión generalmente establece que deben mantener la presión en un rango que asegure la protección de la red de distribución sin causar daños por exceso de presión. En las redes de distribución se debe ubicar el número de cámaras rompe presión considerando un desnivel máximo a cada 50 metros.

Tabla 21. Presión en las CRP de las redes de distribución

Reporte de presiones en las cámaras rompe presión T7 - Santa Rosa						
CRP T7	Cota de terreno (m)	Demanda (l/s)	Cota piezométrica llegada	Presión (mh2o) llegada	Cota piezométrica salida	Presión (mh2o) salida
CRP T7-1	2,683.64	1.132	2,728.43	44.24	2,728.43	0.00
CRP T7-2	2,688.88	0.625	2,729.56	40.27	2,729.56	0.00

Fuente: Reporte del software WaterCAD

Según el reporte de presiones generado por el software WaterCAD (**ver Tabla 19**), las cámaras rompen presión lograron reducir efectivamente las presiones en los puntos de llegada a valores aceptables. La CRP T7-1, ubicada a una cota de terreno de 2,683.64 m, presenta una presión de llegada de 44.24 m.c.a., mientras que la CRP T7-2, situada a una cota de terreno de 2,688.88 m, muestra una presión de llegada de 40.27 m.c.a. Estas presiones están dentro del rango recomendado de 5 m.c.a. a 60 m.c.a., lo que garantiza un funcionamiento seguro y eficiente del sistema de distribución.

4.1.4.6. Conexiones domiciliarias

Para evaluar la presión en las conexiones domiciliarias, se utilizaron manómetros en puntos estratégicos de la red, específicamente cerca de los nodos y en las partes finales de los ramales existentes. Previamente, se había determinado el diámetro de las tuberías en la red de distribución y se identificaron los nodos a través

del modelado hidráulico realizado en WaterCAD. Con esta información, se procedió a medir las presiones en las viviendas más cercanas a estos nodos.

La red cuenta con un total de 29 nodos, por lo que las mediciones se llevaron a cabo en 29 viviendas. Estas mediciones se realizaron el sábado 14 de agosto, durante el periodo de mayor demanda, entre las 7:00 a.m. y las 8:00 a.m. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 22. Monitoreo de presión dinámica registradas en las viviendas en horario de máximo consumo

Punto	Coordenadas UTM		Presión m.c.a
	Este	Norte	
J-1	817694.11	9239020.98	6.00
J-2	817613.00	9239051.02	11.00
J-3	817503.73	9238967.21	24.00
J-4	817352.00	9238988.53	39.00
J-5	817314.01	9238954.59	40.00
J-6	817257.13	9238897.21	7.00
J-7	817205.20	9238929.35	17.00
J-8	817262.09	9239126.86	29.00
J-9	817179.46	9239338.09	33.00
J-10	817089.75	9239255.18	32.00
J-11	817141.39	9238911.45	15.00
J-12	817101.15	9239134.76	19.00
J-13	816833.01	9238761.01	9.00
J-14	817190.84	9238804.90	5.00
J-15	817373.12	9238928.34	33.00
J-16	817446.39	9239182.97	16.00
J-17	817296.93	9239168.44	55.00
J-18	817135.31	9239352.29	33.00
J-19	816834.12	9239079.05	18.00
J-20	816558.81	9238949.42	22.00
J-21	816888.65	9239384.87	17.00
J-22	817029.28	9239511.59	15.00
J-23	816751.95	9239401.55	16.00
J-24	817113.39	9239725.52	7.00
J-25	816654.28	9239416.54	17.00
J-26	816649.99	9239417.20	18.00
J-27	816757.75	9239524.47	18.00
J-28	817238.86	9239025.51	53.00
J-29	817291.37	9239050.27	55.00

Fuente: Resultados de Monitoreo con manómetros

Los resultados mostrados en la **TABLA 22**, de las mediciones de presión en la red de distribución del caserío de Santa Rosa muestran que, en general, las presiones están dentro del rango normativo de 5 m.c.a. a 60 m.c.a. establecido por el MVCS, lo que indica un cumplimiento adecuado. Sin embargo, se observó que el punto J-14, con 5.00 m.c.a., está justo en el límite inferior, lo que podría indicar un área crítica en condiciones de alta demanda. Por otro lado, los puntos J-28 y J-29 presentan presiones cercanas al límite superior, lo que indica la necesidad de monitoreo para evitar desgaste en la red.

El plano de los puntos de monitoreo de presión en las viviendas se encuentra detallado en el plano topográfico **ANEXO K**.

A continuación, se presenta una comparativa entre los valores de las presiones obtenidos mediante el modelado hidráulico en WaterCAD y las presiones reales medidas con el manómetro.

Tabla 23. Comparación entre las presiones tomadas con el manómetro y las presiones del modelado en WaterCAD

Nodo	Presión manómetro m.c.a	Presión WaterCAD m.c.a	Diferencia entre Manómetro y WaterCAD
J-1	6	5.46	0.54
J-2	11	9.54	1.46
J-3	24	21.76	2.24
J-4	39	41.16	2.16
J-5	40	39.79	0.21
J-6	7	5.05	1.95
J-7	17	14.58	2.42
J-8	29	27.44	1.56
J-9	33	35.98	2.98
J-10	32	34.32	2.32
J-11	15	13.8	1.2
J-12	19	20.91	1.91
J-13	9	7.22	1.78
J-14	5	5.84	0.84
J-15	33	35.52	2.52
J-16	16	14.51	1.49
J-17	55	56.63	1.63
J-18	33	31.81	1.19
J-19	18	16.88	1.12
J-20	22	21.49	0.51

Nodo	Presión manómetro m.c.a	Presión WaterCAD m.c.a	Diferencia entre Manómetro y WaterCAD
J-21	17	14.09	2.91
J-22	15	13.89	1.11
J-23	16	13.76	2.24
J-24	7	5.12	1.88
J-25	17	14.49	2.51
J-26	18	14.83	3.17
J-27	18	15.39	2.61

Fuente: Resultados de Monitoreo con manómetros

La comparación entre las presiones medidas con el manómetro y las simuladas en WaterCAD muestra una buena concordancia general, indicando que el modelado hidráulico es bastante preciso. La mayoría de los valores están dentro del rango normativo aceptable (5 m.c.a. a 60 m.c.a.), con diferencias menores a 3 m.c.a. en la mayoría de los nodos, lo que sugiere que el sistema de distribución funciona adecuadamente tanto en la simulación como en la realidad.

➤ **Diferencias en los valores de presión entre el Modelado en WaterCAD y las tomadas con el Manómetro en las viviendas:**

La comparación de los datos muestra que hay una variabilidad entre las presiones medidas en las viviendas (presión de manómetro) y las presiones modeladas (WaterCAD), con diferencias que oscilan entre 0.21 m.c.a. y hasta 3.17 m.c.a. Este desajuste puede ser significativo, en puntos donde la diferencia se aproxima a los 3 m.c.a., como en los nodos J-9, J-21, y J-26.

• **Causas de la discrepancia:**

- Los modelos hidráulicos, como los de WaterCAD, dependen de suposiciones y simplificaciones para representar el sistema, como flujos ideales y condiciones de borde constantes. Esto puede llevar a que los resultados no reflejen completamente las condiciones reales.
- La presión real medida puede variar debido a fluctuaciones en la demanda de agua, válvulas parcialmente abiertas, y pérdidas en tramos de tuberías no consideradas en el modelo.
- Factores como el desgaste en conexiones o irregularidades en tuberías pueden afectar las lecturas de presión en campo, mientras que el modelo podría omitir estos detalles.

- **Interpretación de las Diferencias**

Los valores de presión medidos reflejan la condición exacta en el punto de muestreo, mientras que los valores modelados son representaciones calculadas basadas en condiciones de diseño y supuestos operacionales ideales. Esta diferencia puede ser especialmente crítica al interpretar la eficiencia del sistema y al hacer ajustes, como el aumento de diámetros de tuberías, ya que las condiciones reales pueden variar de las modeladas.

4.1.5. Evaluación de la Operación y Mantenimiento del sistema de agua potable del caserío Santa Rosa

Además de la inspección realizada, se llevó a cabo una encuesta a los pobladores para recoger sus opiniones sobre cómo funciona el sistema de agua y si las actividades de mantenimiento realizadas son efectivas.

- **Disponibilidad del suministro de agua potable**

Se consultó a la población sobre la frecuencia con la que reciben agua potable en sus viviendas, y los habitantes indicaron que el suministro se realiza por horas cada día.

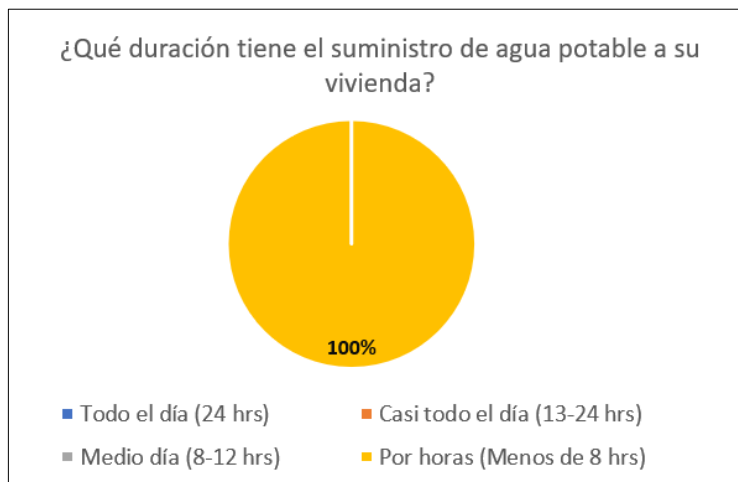
Gráfico 4. Disponibilidad del suministro de agua potable



- **Duración del suministro de agua potable**

Los resultados de la encuesta revelan que los encuestados reciben el suministro de agua potable durante un período de 5 a 6 horas al día. Esta duración se clasifica como "Por horas (menos de 8 horas)", lo que indica que la disponibilidad del agua no es continua y puede afectar la calidad de vida de los pobladores.

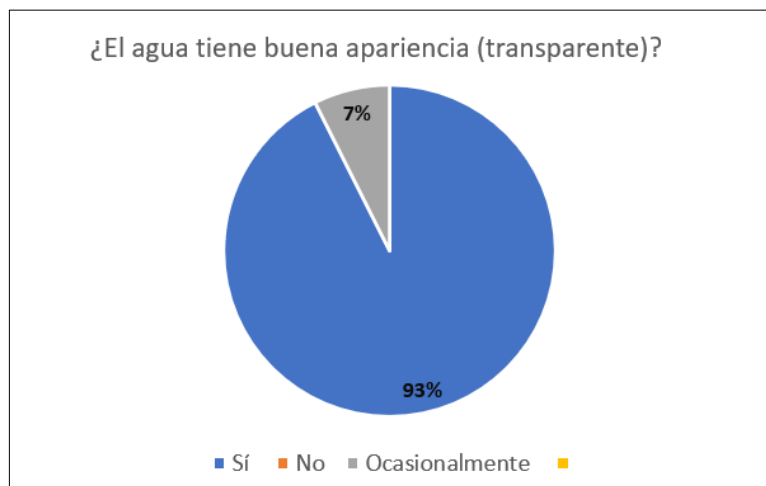
Gráfico 5 . Duración del suministro de agua potable



- **Apariencia visual del agua potable**

Las encuestas realizadas sobre la apariencia del agua indican que la mayoría de los encuestados considera que el agua es transparente, lo cual es un signo positivo en términos de calidad. Sin embargo, una pequeña proporción de la población manifiesta que la claridad del agua no es consistente en todo momento, principalmente cuando cloran el agua, esta percepción sugiere la existencia de fallas en el proceso de tratamiento, lo que podría comprometer la calidad del agua que reciben los residentes.

Gráfico 6 . Apariencia del agua (transparente)

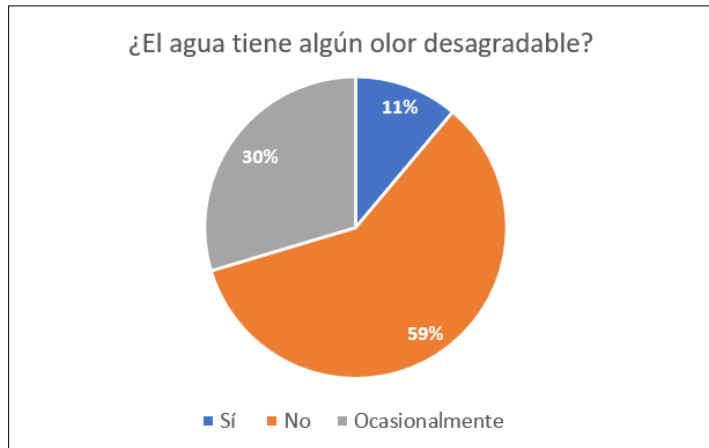


- **Olor del agua potable**

Al consultar a los habitantes sobre la presencia de olores desagradables en el agua que reciben, la mayoría expresó que no percibe ningún olor. Sin embargo, un porcentaje reducido de la población señaló que, en ocasiones, sus piletas emanan un

olor a cloro. Esto sugiere que, aunque la calidad del agua es generalmente aceptable, hay momentos en los que la concentración de cloro puede ser perceptible, lo que podría generar inquietudes sobre el tratamiento del agua.

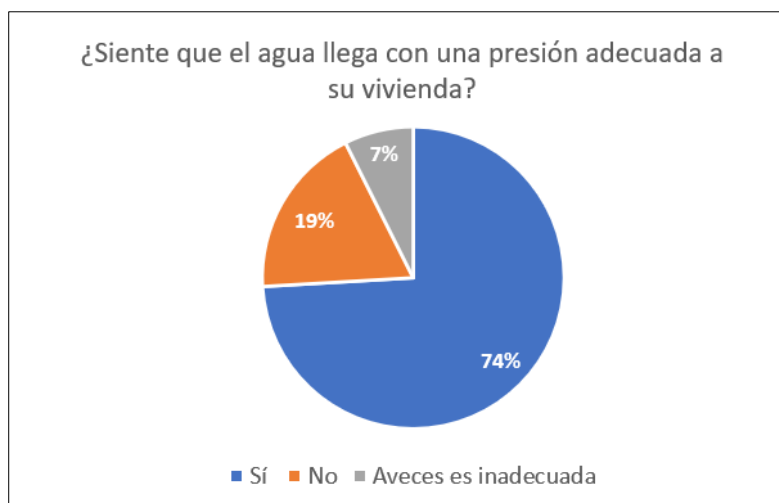
Gráfico 7 . Apariencia del agua (transparente)



- **Presión del suministro de agua**

Al preguntar si sienten que el agua llega con una presión adecuada a sus viviendas para realizar sus actividades diarias, se obtuvieron respuestas mixtas. La mayoría de los encuestados indicó que la presión del agua es adecuada, mientras que un número significativo de personas consideró que la presión varía. Esto sugiere que la inconsistencia en la presión del agua podría estar afectando el desarrollo de las actividades cotidianas de los habitantes.

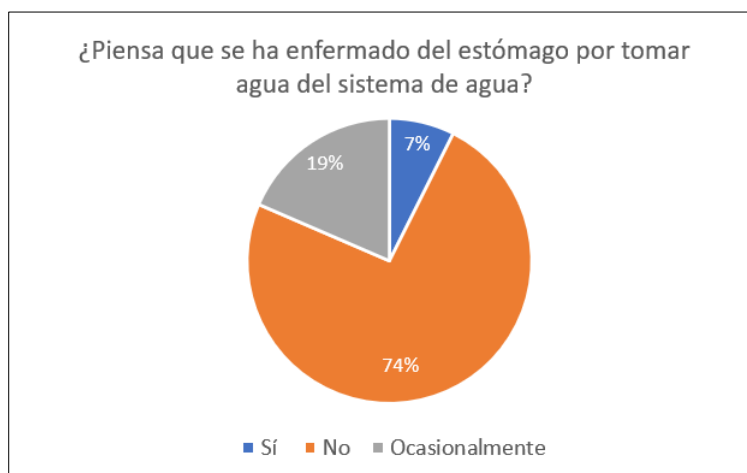
Gráfico 8 . Presión del agua en las viviendas



- **Problemas de salud relacionados con el agua**

Se consultó a la población sobre la posible relación entre el consumo de agua del sistema de abastecimiento y la aparición de enfermedades estomacales. La mayoría de los encuestados afirmó que no han experimentado problemas de salud relacionados con el agua; sin embargo, una pequeña parte de la población reportó haber sufrido enfermedades estomacales que atribuyen al consumo de este recurso, lo que sugiere que podrían existir casos aislados que merecen atención.

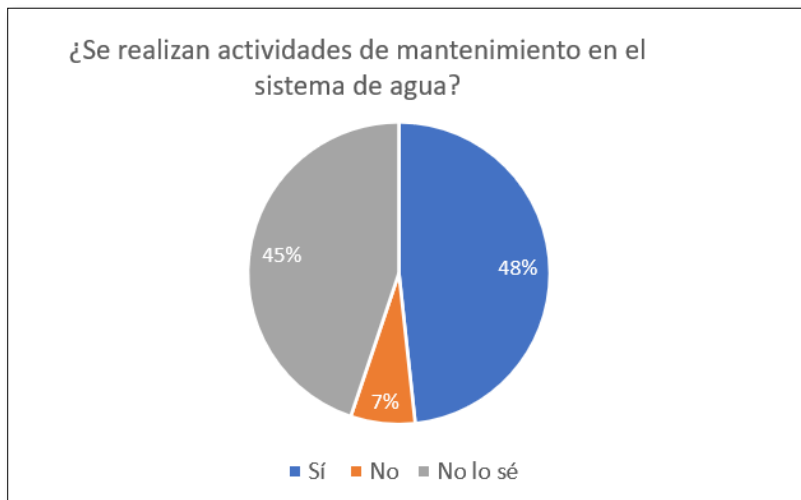
Gráfico 9 . Porcentaje de enfermedades de origen hídrico



- **Frecuencia de mantenimiento del sistema de agua potable**

Al preguntar sobre las tareas de mantenimiento del sistema de distribución de agua, se observó que la mayoría de los encuestados está al tanto de que se llevan a cabo estas actividades. Sin embargo, un porcentaje significativo manifestó no tener información sobre su realización, y una pequeña parte considera que no se realizan en absoluto. Esta situación sugiere una falta de transparencia en la comunicación sobre las actividades de mantenimiento, lo que podría contribuir a la desconfianza de la población y explicar algunas de las opiniones negativas expresadas en preguntas anteriores.

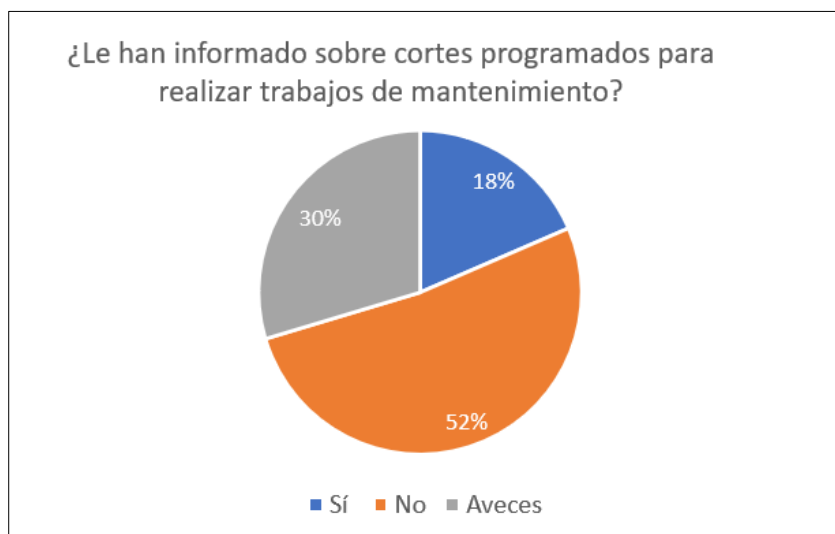
Gráfico 10 . Opinión sobre las actividades de mantenimiento



- **Información sobre cortes programados**

Al consultar a la población sobre si han recibido información acerca de cortes programados para realizar trabajos de mantenimiento, se encontró que la mayoría reporta no haber sido informada. Un porcentaje significativo expresó no saber si se realizan tales comunicaciones, mientras que un pequeño grupo indicó que sí ha recibido información al respecto. Estos resultados sugieren una baja comunicación durante las actividades de mantenimiento entre la JASS y los pobladores, lo que podría afectar la percepción de la comunidad sobre la transparencia y efectividad de las actividades de mantenimiento.

Gráfico 11 . Opinión sobre avisos de cortes programados para realizar trabajos de mantenimiento



La encuesta aplicada sobre el suministro de agua potable refleja varios desafíos que enfrenta el caserío de Santa Rosa. Aunque el servicio está disponible diariamente, hay preocupaciones sobre la duración y la presión del suministro, lo que cuestiona la eficiencia del sistema. Las opiniones mixtas sobre la apariencia y los olores del agua sugieren posibles problemas de calidad, apoyados por algunos casos reportados de enfermedades estomacales relacionadas con su consumo.

Además, la falta de transparencia respecto a las actividades de mantenimiento del sistema genera desconfianza e insatisfacción entre los residentes. Las opiniones divergentes destacan la urgencia de mejorar la infraestructura y optimizar las prácticas de mantenimiento para asegurar un suministro de agua seguro, confiable y satisfactorio para toda la comunidad. Cabe mencionar que, según la JASS, las tareas de mantenimiento se realizan de la siguiente manera.

Tabla 24. Rutinas de mantenimiento que se realizarán en el sistema de agua de Santa Rosa

Componente	Descripción del mantenimiento	Frecuencia de mantenimiento
Captación	Revisión de la estructura de captación para detectar acumulación de sedimentos, bloqueos, o daños en los equipos de captación.	Cada 6 meses
	Remoción de sedimentos y vegetación que pueda obstruir el flujo de agua.	
Línea de Conducción	Chequeo de tubería para detectar posibles fugas, corrosión, o daños.	Cada 6 meses
Reservorio	Inspección de paredes, techos y bases del reservorio para identificar grietas o corrosión.	Cada 6 meses
	Desinfección y eliminación de sedimentos acumulados en el fondo del reservorio.	
	Operación de válvulas y verificación del funcionamiento adecuado.	Diaria
Redes de Distribución	Mantenimiento del sistema de cloración.	Cada 15 días
	Revisión de tuberías para identificar posibles fugas, obstrucciones o daños.	Cada 6 meses
Verificación y ajuste de válvulas para asegurar un flujo adecuado y controlado del agua.		
CRP-T7	Inspección de paredes, techos y bases de las CRP-T7 para identificar grietas, corrosión o filtraciones.	Cada 6 meses
	Verificación del funcionamiento de válvulas y accesorios.	

4.1.6. Comparación de los resultados obtenidos de los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos con los Anexos I, II y III del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DS N° 031-2010-SA)

4.1.6.1. Calidad del agua de la fuente “El Mutuy”

Los parámetros monitoreados corresponden a los Límites Máximos Permisibles (LMP) del Decreto Supremo N° 031-2010-SA. Teniendo en cuenta esta normativa vigente y los resultados obtenidos del monitoreo de la fuente para el caserío de Santa Rosa, emitidos por el Laboratorio Regional de Cajamarca con código de registro N° **LE-084**, cuya fecha de emisión fue el 27 de octubre del 2023, se procedió a realizar la comparación de estos valores para validar y asegurar que los límites de detección del método para cada parámetro a analizar están por debajo de los LMP señalados en el decreto antes mencionado.

Es importante señalar que, debido al diseño de la captación de fondo del sistema de agua, no es posible establecer un punto para la toma de muestras en la fuente. Por esta razón, las muestras de agua se tomaron en la tubería de ingreso de la línea de conducción hacia el reservorio, por donde fluye el agua cruda de la fuente.

A continuación, se presenta una tabla comparativa entre los valores del monitoreo de la fuente según el **Informe de Ensayo N° IE 0820281 del ANEXO I** y los valores de la norma vigente **DS N° 031-2010-SA**, correspondiente al mes de octubre del 2023:

Tabla 25. Resultados de calidad de la fuente “El mutuy”

Parámetro	Unidad	Límites máximos permisibles	Resultado Fuente "El Mutuy"	Estado de Conformidad
Análisis Generales				
Cloruro	mg/L	250	0.094	Cumple
Nitrito	mg/L	3	<LCM	Cumple
Nitrato	mg/L	50	<LCM	Cumple
Sulfato	mg/L	250	0.514	Cumple
Color Verdadero	UC	15	<LCM	Cumple
Turbidez	NTU	5	0.15	Cumple
Conductividad	µS/cm	1500	11.6	Cumple
Análisis Generales				
Potencial de Hidrógeno	pH	6.5 -8.5	7.45	Cumple
Dureza Total	mgCaCO3/L	500	3.2	Cumple
Sólidos Totales Disueltos	mgL-1	1000	6.5	Cumple
Cianuro total	mg/L	0.07	<LCM	Cumple

Análisis Microbiológicos				
Coliformes Totales	NMP/100 mL	0	<1.8	Cumple
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	0	2	No cumple
Escherichia coli	NMP/100 mL	0	<1.8	Cumple
(*) Organismos de Vida Libre	Nº Org/L	0	<1	Cumple

Notas:

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.

<LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas).

Fuente: Informe de Ensayo N° IE 0820281

➤ Interpretación de resultados para la calidad del agua de la fuente “El Mutuy”

Los parámetros analizados se compararon con los requisitos establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, que regula la calidad del agua para consumo humano, específicamente en los Anexos I, II y III. Según los resultados de Laboratorio Regional de Cajamarca para octubre de 2023, los valores de los parámetros incluidos en los Anexos II y III cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) estipulados por la normativa. Sin embargo, en cuanto al Anexo I, que abarca los parámetros microbiológicos y parasitológicos, los resultados muestran que los valores de Coliformes termotolerantes exceden los límites permitidos. Por lo tanto, se requiere la implementación de un tratamiento adecuado para reducir estos niveles. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

- Numeración de Coliformes Termotolerantes: Es crucial medir los Coliformes Fecales o Termotolerantes, ya que niveles altos indican contaminación fecal reciente, que puede causar enfermedades gastrointestinales. En este caso, se ha registrado un valor de 2 NMP/100 mL, mientras que el límite permitido es 0 NMP/100 mL. Es necesario aplicar un tratamiento adecuado para reducir esta concentración y asegurar la seguridad del agua. La presencia de estos coliformes puede deberse a la filtración de aguas residuales o excrementos de animales cercanos a la fuente.

Figura 35. Medición de Parámetros de Campo de la fuente “El Mutuy”



Figura 36. Toma de muestras de agua de la fuente “El Mutuy”



4.1.6.2. Calidad del agua tratada

El monitoreo mensual y la toma de muestras de agua en las viviendas del sistema del caserío de Santa Rosa son realizados directamente por la Dirección Regional de Salud, en coordinación con la Red III de Salud de Celendín. Según los informes emitidos para los meses de enero, febrero y mayo de 2023 por el ingeniero Jorge Salazar Cabañas, responsable del Laboratorio de Agua y Alimentos de la Dirección Regional de Salud Cajamarca, la ingeniera Nubia Pamela Leiva Rojas, del equipo técnico del área de saneamiento de la Red III de Salud de Celendín, fue la encargada de llevar a cabo este monitoreo.

Para evaluar la calidad del agua destinada al consumo humano en Santa Rosa, se compararon los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto

Supremo N° 031-2010-SA con los informes de ensayo emitidos por el Laboratorio de Agua y Alimentos de la Dirección Regional de Salud Cajamarca, los cuales fueron facilitados por la entidad y se presentan en el **ANEXO J**.

A continuación, se muestra una tabla que ilustra esta comparación entre los LMP y los resultados obtenidos del análisis de calidad del agua de DIRESA.

Tabla 26. Resultados de calidad de agua en las viviendas de Santa Rosa

Parámetro	Unidad	Límites máximos permisibles	Enero Resultado en vivienda	Febrero Resultado en vivienda	Mayo Resultado en vivienda
Análisis Físico					
Potencial de Hidrógeno	pH	6.5 -8.5	7.3	7.36	6.91
Conductividad	µS/cm	1500	454	444.3	299.1
Sólidos Totales Disueltos	Mg/L	1000	222.5	217.7	148.3
Turbidez	NTU	5	0.94	0.65	0.74
Análisis Bacteriológicos					
Coliformes Totales	NMP/100 mL	<1.8	<1	<1	<1
Coliformes fecales	NMP/100 mL	<1.8	<1	<1	<1

Fuente: Laboratorio de Agua y Alimentos de la Dirección Regional de Salud Cajamarca

Para el caso del parámetro cloro libre residual, según lo indicado en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, las muestras tomadas en cualquier punto de la red de distribución no deberán contener menos de 0.5 mg/L de cloro residual libre en el noventa por ciento (90%) del total de muestras tomadas durante un mes. Del diez por ciento (10%) restante, ninguna debe contener menos de 0.3 mg/L.

Tabla 27. Resultados del cloro libre residual en las viviendas de Santa Rosa

Parámetro	Unidad	Valor mínimo aceptable	Enero Resultado en vivienda	Febrero Resultado en vivienda	Mayo Resultado en vivienda
Datos de campo					
Cloro libre residual	mg/L	0.5	3.07	0.6	0.03
Temperatura	°C	Δ	20.7	21.2	19.1

Fuente: Laboratorio de Agua y Alimentos de la Dirección Regional de Salud Cajamarca

➤ **Interpretación de resultados para la Calidad del agua tratada.**

Los parámetros analizados se compararon con los requisitos establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, que regula la calidad del agua para consumo humano, específicamente en los Anexos I y II. Según los resultados del Laboratorio de Agua y Alimentos de la Dirección Regional de Salud Cajamarca para los meses de enero, febrero y mayo del 2024, los valores de los parámetros incluidos en los Anexos I y II cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP) estipulados por la normativa vigente.

Según los resultados del parámetro cloro libre residual, comparados con lo establecido en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA, se puede indicar que los meses de enero y febrero cumplen con lo estipulado en la normativa vigente, mientras que el mes de mayo no alcanza el valor mínimo requerido. Por lo tanto, es necesario implementar una dosificación de cloro adecuada en el sistema de cloración para aumentar estos niveles. A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

- Cloro libre residual: Un nivel insuficiente de cloro puede permitir la proliferación de microorganismos patógenos que causan enfermedades gastrointestinales. Los valores registrados de cloro libre residual son los siguientes: 3.07 mg/L en enero, 0.60 mg/L en febrero y 0.03 mg/L en mayo. El límite permitido es de 0.5 mg/L, lo que indica que el valor de mayo no cumple con el mínimo requerido. Por lo tanto, es necesario inspeccionar el dosificador de cloro por goteo para asegurarse de que esté en buen estado y funcionando correctamente.

Figura 37. Medición de cloro libre residual en el Reservorio Santa Rosa



4.1.7. Planteamiento de propuestas de mejora para el diseño actual del sistema de agua potable del caserío Santa Rosa

4.1.7.1. Ubicación de una nueva fuente de agua adicional

Actualmente, el caudal medido es de 1.04 L/s, mientras que el caudal calculado según los descensos en el nivel del reservorio es de 1.58 L/s, lo que genera una diferencia de 0.54 L/s. Con base en esta diferencia, se ha identificado una fuente de agua adicional que podría compensar este déficit. Esta fuente se encuentra a 50 metros al sur de la captación actual, en las siguientes coordenadas:

Tabla 28. Coordenadas UTM de la ubicación de otra naciente de abastecimiento de agua localizada a 50m de la fuente actual

Descripción	Coordenadas UTM WGS 84		Altitud (<u>mmsm</u>)
	Este (m)	Norte (m)	
Captación adicional en Santa Rosa	817817.54	9238909.69	2744.26

La incorporación de esta fuente permitiría garantizar el suministro adecuado, y el volumen adicional de agua que se obtendría deberá ser determinado a través de estudios hidrogeológicos y análisis de caudales disponibles en la zona. Este volumen adicional ayudará a mejorar la confiabilidad del sistema frente a la creciente demanda o variabilidad en la oferta de agua.

Figura 38. Otra naciente de abastecimiento de agua localizada a 50m de la Fuente actual



4.1.7.2. Incremento de la capacidad de almacenamiento del reservorio

Basado en la evaluación del Reservorio, se sugiere proyectar un aumento de la capacidad del mismo. Aunque se ha calculado que el requerimiento podría ser de 35 m³, este volumen debe ser verificado mediante cálculos más detallados, que incluyan proyecciones de demanda a largo plazo, estudios de crecimiento poblacional, y la variabilidad de la oferta de agua en la región.

El incremento en la capacidad de almacenamiento de agua en Santa Rosa, aseguraría que el sistema pueda cubrir períodos de alta demanda o baja disponibilidad de agua, mejorando la sostenibilidad del suministro.

4.1.7.3. Mejora de la velocidad de flujo en los tramos de tubería

Se identificaron tramos de la red de distribución donde la velocidad mínima de flujo no alcanza los valores normativos recomendados de 0.60 m/s y 3.00 m/s, aunque dentro del estándar aceptable de 0.30m/s como mínimo para zonas rurales según el MVCS, lo cual impacta en la eficiencia del servicio. Se sugiere implementar las siguientes medidas, que permitirán ajustar la velocidad del agua y garantizar el cumplimiento de los requisitos normativos.

- Evaluar la posibilidad de reducir el diámetro de las tuberías de 2” a 1 ½” en los tramos identificados. Esto permitirá mejorar la velocidad de flujo, asegurando que se cumplan los estándares normativos y, a su vez, optimizar la presión en el sistema.
- Implementar válvulas reguladoras, para mantener una presión adecuada en los puntos de la red, asegurando que el agua fluya a velocidades óptimas. Al controlar la presión de manera más efectiva, se puede minimizar la pérdida de presión en tramos específicos, lo que contribuye a un suministro más constante y eficiente.

4.2. Discusión de resultados

La presente investigación tuvo como objetivo general la evaluación hidráulica del sistema de agua potable del caserío de Santa Rosa. Para ello, se discutieron los resultados obtenidos en cuanto a los aspectos de infraestructura, caudales y coeficientes de variación, distribución, almacenamiento, tratamiento, y operación & mantenimiento del sistema.

Los resultados obtenidos en este estudio están en relación con las investigaciones de Bardales (2022) y Cieza (2021), que también utilizaron una metodología descriptiva apoyada

por herramientas tecnológicas como GPS, manómetros, micromedidores, winchas y cronómetros, así como software especializado como WaterCAD para el modelamiento hidráulico de las redes de distribución y AutoCAD 2018 para la elaboración de planos y dibujos. En ambos estudios, se identificaron problemas significativos en los sistemas de agua potable, tales como presiones que oscilan entre los límites máximos y mínimos aceptables, velocidades inadecuadas en las tuberías, el uso no autorizado del agua para actividades no relacionadas con el consumo humano, la presencia de estructuras deterioradas, la ausencia de sistemas de micromedición, y niveles de cloro residual inadecuados. Estos hallazgos evidencian la necesidad de implementar medidas correctivas y mejoras para garantizar un suministro de agua adecuado y de calidad para la comunidad.

Los estudios nacionales revisados aportan comparaciones significativas que respaldan los hallazgos de la presente investigación. Por ejemplo, Vera (2018) evaluó el comportamiento hidráulico en la red de distribución de Chupaca utilizando software convencional como WaterCAD y Epanet, similar al enfoque empleado en Santa Rosa. Los problemas de presión y velocidad inadecuada observados en el sistema de Chupaca también se manifestaron en el caserío de Santa Rosa, donde las presiones en algunas piletas no cumplen con los valores adecuados debido al diseño deficiente de la red y las conexiones artesanales. Asimismo, la capacidad insuficiente del reservorio de Santa Rosa, que no logra abastecer la demanda diaria, coincide con los resultados de Vilcas (2022), quien mejoró el sistema de agua potable en localidades rurales incrementando la capacidad de almacenamiento. En Santa Rosa, se propone una solución similar, aumentando el volumen del reservorio para afrontar la creciente demanda. Además, los problemas identificados en el flujo y presión, como se observó en la red de Tacna estudiada por Tasaico (2018), también reflejan la necesidad de replantear ciertos tramos de tuberías en Santa Rosa para mejorar la velocidad de flujo y cumplir con la normativa. En conjunto, estos antecedentes nacionales sustentan las propuestas de mejora para el sistema de agua potable de Santa Rosa, incluyendo la ampliación del reservorio y la optimización de la red de distribución para garantizar un servicio continuo y de calidad.

El estudio de Delgado y Huamán (2021) sobre la eficiencia hidráulica en la red de distribución de agua potable del sector Fila Alta en Jaén guarda similitudes importantes con los hallazgos en Santa Rosa. En ambos casos, se identificaron deficiencias en el régimen de presiones y en la capacidad de los reservorios, lo que afecta el suministro de agua. En Fila Alta, el sistema no garantizaba las velocidades y presiones adecuadas en la tubería además

que el servicio no es continuo, situación similar a la de Santa Rosa, donde las conexiones artesanales y la falta de un sistema de medición agravan los problemas de presión en algunas piletas. Asimismo, en ambos estudios, se destaca la insuficiencia de los reservorios, siendo necesario proponer un incremento en su capacidad para asegurar un abastecimiento continuo, especialmente durante los periodos de alta demanda. En Santa Rosa, el reservorio de 27.64 m³ no es suficiente para cubrir la demanda diaria, con picos de consumo que superan los 8.67 m³/h, lo que refleja la necesidad de mejorar la infraestructura, al igual que se recomendó para Fila Alta. Por lo tanto, los resultados obtenidos en ambos contextos justifican las propuestas de mejora en el diseño del sistema de agua potable para garantizar un servicio eficiente.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Después de desarrollar el presente estudio de investigación, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Se caracterizó el caserío de Santa Rosa, en el que se muestra una comunidad con una población de 478 habitantes de los cuales 227 son hombres y 251 son mujeres, con acceso a servicios básicos, aunque con áreas que requieren mejoras, como el suministro de agua y la infraestructura educativa. La economía se basa principalmente en la agricultura, lo que refleja el carácter rural y productivo de la población.
- Se describió los componentes del sistema de agua revela que la captación, aunque operativa, presenta vulnerabilidades como fisuras y deterioro, especialmente en las tapas sanitarias y el cerco perimétrico. La línea de conducción está en buen estado, pero el reservorio de 27.64 m³, aunque estructuralmente sólido, es insuficiente para satisfacer la demanda del caserío. Las redes de distribución funcionan, pero el diseño deficiente y las conexiones artesanales afectan la presión y el uso del agua, exacerbado por la falta de medición. La CRP-T7 se mantiene en buen estado gracias al mantenimiento preventivo, pero las conexiones domiciliarias, sin cajas adecuadas, presentan baja presión en algunas viviendas, lo que podría complicar el mantenimiento futuro.
- Se estimaron los caudales de diseño del sistema de agua potable en el caserío Santa Rosa, y el análisis reveló que el caudal medio estimado de 1.58 l/s es insuficiente para mantener un servicio continuo. El caudal máximo diario registrado es de 1.95 l/s, mientras que los picos de consumo alcanzan hasta 2.86 l/s, que corresponde al caudal máximo horario. Estos resultados destacan la necesidad de ajustar el diseño del sistema para manejar estos picos de demanda y mejorar la infraestructura existente. Los coeficientes de variación obtenidos, $K1 = 1.24$ y $K2 = 1.81$, indican una alta fluctuación en la demanda, lo que subraya la importancia de implementar estrategias que garanticen un abastecimiento adecuado y sostenible.
- La evaluación del sistema de agua potable revela que la captación tiene un caudal de 1.04 l/s, inferior al caudal estimado de 1.58 l/s. Aunque las dimensiones de la captación son adecuadas, ha superado su vida útil, y aunque la línea de conducción

está bien dimensionada, el reservorio resulta insuficiente para garantizar un suministro continuo. Además, se requieren ajustes en el sistema de cloración. En cuanto a la red de distribución, las presiones se encuentran dentro del rango normativo de 5 m.c.a. a 60 m.c.a. Sin embargo, aunque la velocidad máxima de flujo es de 1.60 m/s, la velocidad mínima de 0.30 m/s no alcanza el estándar requerido de 0.60 m/s a 3.00 m/s. A pesar de esto, se ajusta a la velocidad mínima aceptable establecida para poblaciones rurales según el MVCS.

- La evaluación de la operación y mantenimiento del sistema de agua potable en Santa Rosa, realizada mediante encuestas a la población, revela desafíos en el suministro, especialmente en la duración y presión del servicio. Aunque el 89% de los encuestados percibe la calidad del agua como aceptable, un 11% reporta variaciones en la claridad y un olor a cloro, lo que sugiere posibles fallas en el tratamiento. Además, la falta de comunicación sobre las actividades de mantenimiento y cortes programados genera desconfianza, con un 52% de la población indicando que no se les informa sobre estas interrupciones anticipadamente.
- Respecto a la calidad del agua de la fuente "El Mutuy," los resultados del monitoreo comparados con los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecidos en el Decreto Supremo N° 031-2010-SA revelan que la mayoría de los parámetros fisicoquímicos cumplen con la normativa vigente, sin embargo, los análisis microbiológicos indican que los valores de Coliformes Termotolerantes exceden el límite en 2NMP/100ml. Respecto a la calidad del agua tratada monitoreada en las viviendas del caserío de Santa Rosa, los resultados obtenidos en los meses de enero, febrero, y mayo de 2023 muestran que, en general, los parámetros físicos y bacteriológicos están dentro de los LMP. No obstante, en mayo, los niveles de cloro libre residual no alcanzan el valor mínimo requerido, lo que indica la necesidad de mejorar la dosificación de cloro en el sistema de cloración para evitar riesgos a la salud por proliferación de microorganismos patógenos.
- En cuanto al planteamiento de propuestas de mejoras para el diseño actual del sistema de agua potable se planteó que es necesario incorporar una fuente adicional de agua para compensar el déficit de caudal actual y garantizar un suministro adecuado. Además, se recomienda aumentar la capacidad del reservorio para cubrir mejor la demanda futura y mejorar la sostenibilidad del suministro. También se debe optimizar

la velocidad de flujo en los tramos de tubería mediante la evaluación del cambio de diámetro de tubería de 2" existentes a 1 ½" o también la instalación de válvulas reguladoras de presión que mejorará la eficiencia del sistema y reducirá las pérdidas.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda implementar muros de contención y realizar inspecciones periódicas para proteger la captación y reparar fisuras. Las tapas sanitarias y el cerco perimétrico deben ser reemplazados y reforzados. Aunque la línea de conducción está en buen estado, se sugiere establecer un plan de mantenimiento preventivo. El reservorio necesita mantenimiento constante y revisiones periódicas. Para las redes de distribución, es necesario rediseñar para mejorar la presión y añadir medidores de agua.
- Se sugiere considerar un aumento en la capacidad del reservorio para satisfacer la demanda durante los meses de estiaje. También es necesario ajustar el diseño del sistema para manejar los picos de consumo, lo que podría incluir la ampliación de la infraestructura existente o la instalación de tanques adicionales. Además, es importante promover la concientización sobre el uso responsable del agua en la comunidad.
- Se recomienda realizar un monitoreo constante del caudal captado en la captación y asegurar que las dimensiones de la cámara húmeda, así como los componentes asociados, se mantengan adecuados con el tiempo, considerando posibles mejoras según la demanda o calidad del agua. Para los reservorios y la red de distribución, es necesario revisar y ajustar los coeficientes de variación de consumo para cada sector basado en los datos recolectados, optimizando así la red de distribución para mantener una presión dinámica adecuada en todas las conexiones domiciliarias.
- Dado que los niveles de coliformes termotolerantes superan los límites permitidos, es necesario revisar y ajustar el sistema de cloración para asegurar la eliminación de estos microorganismos y mantener los niveles de cloro libre residual dentro de los valores requeridos. Además, se recomienda fortalecer el programa de monitoreo de la calidad del agua, especialmente durante los meses críticos, y capacitar al personal en el manejo adecuado de los sistemas de tratamiento y dosificación para asegurar la seguridad del suministro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2021). *En Manual de Calidad del Agua Potable. Coliformes totales* (pp. 78-79). Editorial Medio Ambiente Sostenible.
- Agüero, R. (1997). *Agua potable para poblaciones rurales*. Editorial Asociación Servicios Educativos Rurales (SER).
- Agüero, R. (2004). *Procedimientos para la Operación y Mantenimiento de Captaciones y Reservorios de Almacenamiento*. Lima, PERÚ.
- Albarrán Tirado, L. (2019). *Evaluación de los sistemas de abastecimiento de agua potable de la localidad de Shirac, San Marcos – Cajamarca. Propuesta de mejora*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio UNC.
- Bardales, Y. A. (2022). *Evaluación del Sistema de Agua Potable de la Localidad de Jesús - Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio UNC.
- Barrera, J. (2020). *Infraestructura hidráulica*. En *Diccionario de Ingeniería Civil* (pp. 125-126). Editorial Alfa Omega.
- Cardenas, D. L., & Patiño, F. E. (2010). *Estudios y Diseños Definitivos del Sistema de Agua Potable de la Comunidad de Tutucán, Cantón Paute, Provincia del Azuay*. [Tesis de grado, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional Universidad de Cuenca.
- Cieza, J. S. (2021). *Evaluación de los sistemas de agua potable de las localidades que conforman el centro poblado Chilimpampa Baja – Cajamarca, 2018*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio UNC.
- CONAGUA. (2015). *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Mejora de Eficiencia Física*. México, D.F.
- Delgado, L. G., & Huamán, J. R. (2021). *Eficiencia hidráulica de la red de distribución de agua potable del sector Fila Alta – Jaén*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio UNJ.
- Espinoza, L. E. (2018). *La calidad del servicio y la gestión del sistema de agua potable en la localidad de Celendín - 2018*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC.
- Fragoso Sandoval, L., Ruiz y Zurvia-Flores, J., & Toxky López, G. (2016). La sectorización en redes de agua potable para mejorar su eficiencia hidráulica. *Revista de ingeniería hidráulica y ambiental*, 37(2), 29 – 43.
- García, J. O. (2019). *Eficiencia de la planta de tratamiento de aguas residuales, en la variación de oxígeno disuelto, temperatura, y remoción de sólidos suspendidos totales, en Celendín – Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC.
- García, L. (2020). *Ingeniería Hidráulica Avanzada. Coeficiente de Variación de Consumo K2* (pp. 145-146). Editorial Hidráulica Moderna.
- Gastañaga, M. D. (2018). *Agua, saneamiento y salud*. Editorial Rev Peru Med Exp Salud Publica.
- Gleick, P. H. (2019). *Water in Crisis: A Guide to the World's Fresh Water Resources*. Editorial Oxford University Press.
- Gómez, P., Cubillo, G., & Martín, F. (2017). *Metodología para caracterizar la eficiencia de una*. Tecnología y Ciencias del Agua.
- INEI. (2018). *Perú: Formas de Acceso al Agua y Saneamiento Básico*. Instituto Nacional de Estadística e Informática, Lima, PERU.
- INEI. (2021). *Estadística Aplicada. Coeficiente de Variación de Consumo K1* (pp. 78-79). Instituto Nacional de Estadística e Informática, Lima, PERÚ.

- Jiménez, J. M. (2013). *Manual para el Diseño de Sistemas de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario*. [Tesis de grado]. Universidad Veracruzana.
- Lopez, E. (2018). *Presión del agua*. En *Enciclopedia de Ingeniería Hidráulica* (pp. 230-231). Editorial Hidráulica Moderna.
- Meneses Copete, Y. A., Gallo Restrepo, N. E., & Minotta, V. C. (2014). Caracterización poblacional vista desde la perspectiva del desarrollo humano y el enfoque diferencial. *Revista Investigación y Desarrollo*, 1(1), 1.
- Navarro, A. (2015). *Gestión y aprovechamiento de fuentes de abastecimiento de agua*. Editorial Aguas Claras.
- OMS. (2020). En *Manual de Monitoreo Microbiológico del Agua Potable. Coliformes termotolerantes* (pp. 55-56). Organización Mundial de la Salud.
- OMS. (2023). *Sitio web mundial de la Organización Mundial de la Salud*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Ortega, L., & Martínez, E. (2018). *Análisis de la red de distribución de agua potable para la evaluación hidráulica*. *Revista de Ingeniería Civil*, 25(2), 75-88.
- R.M N° 192-2018-Vivienda. (16 de mayo de 2018). *Opciones Tecnológicas para Sistemas de Saneamiento en el Ámbito Rural*. Diario Oficial El Peruano.
- Requena Marcelo, D. M. (2022). *Mejoramiento del sistema de agua potable en las localidades de Huaquish y Pocor del distrito de Pararin- provincia de Recuay - departamento de Ancash en su etapa I, 2021*. [Tesis de grado, Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión]. Repositorio UNJFSC.
- SAGARPA. (2016). *Líneas de Conducción por gravedad*. Colegio de Postgraduados, Campus.
- Saldaña, A. M. (2019). *Caracterización de la Calidad y Evaluación del Tratamiento dado al Agua para Consumo Doméstico en la Ciudad de Celendín – Cajamarca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC.
- Saldarriaga, J. (2015). *valuación hidráulica de sistemas de abastecimiento de agua potable*. *Revista Ingeniería y Desarrollo*, 38, 45-58.
- Santos, A., Pereira, B., & Oliveira, C. (2017). *Mejora de la eficiencia hidráulica y la gestión del suministro de agua potable mediante la sectorización en un sector urbano de Sao Paulo*. Sao Paulo, BRASIL: *Revista de Gestión de Recursos Hídricos*.
- Tasaico Begazo, J. L. (2018). *Mejoramiento del Sistema de Agua Potable en Subsector 07, Sector IV en la Ciudad de Tacna*. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio institucional UCSM.
- UNESCO. (2020). *Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2020: AGUA Y CAMBIO*. Lucart Estudio S.A. de C.V.
- Vera Pereyra, D. (2018). *Evaluación del comportamiento hidráulico de redes de distribución de agua potable, mediante métodos computacionales convencionales en el Distrito de Chupaca*. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP.
- Wolf, P., & Ghilani, C. (2012). *Elementary surveying: An introduction to geomatics (13th ed.)*. Pearson.

ANEXOS

- Anexo A: Puntos de Levantamiento Topográfico.
- Anexo B: Certificado de Calibración de Estación Total Estación Total LEICA Modelo .TS10 3” R1000.
- Anexo C: Tablas del cálculo de los volúmenes de consumo de agua por hora de todos los días monitoreados en el reservorio del caserío de Santa Rosa.
- Anexo D: Panel Fotográfico
 - Levantamiento Topográfico.
 - Evaluación de componentes de sistema de agua
 - Toma de presiones en las viviendas muestrales
 - Encuestas aplicadas a la población
- Anexo E: Carta de autorización del presidente de la JASS para acceso y evaluación del sistema de abastecimiento de agua.
- Anexo F: Validación de encuesta diagnóstica a los miembros de la JASS sobre las problemáticas del sistema de agua potable del caserío de Santa Rosa.
- Anexo G: Validación de encuesta sobre operación y mantenimiento del sistema de agua potable del caserío de Santa Rosa.
- Anexo H: Reporte de enfermedades relacionadas con el agua de la Red III Celendín de la Dirección Regional de Salud de Cajamarca.
- Anexo I: Informe de resultados de calidad del agua del Laboratorio Regional Cajamarca.
- Anexo J: Informe de resultados de calidad del agua del Laboratorio de Agua y Alimentos de la Dirección Regional de Salud Cajamarca.
- Anexo K: Planos
 - Plano de ubicación del caserío de Santa Rosa.
 - Plano topográfico del caserío de Santa Rosa.
 - Plano de Modelado Hidráulico.

Anexo A

Tabla 29. Puntos del levantamiento topográfico del área de estudio.

Puntos	Este	Norte	Cota	Descripción	Puntos	Este	Norte	Cota	Descripción
1	817834.04	9239059.38	2752.45	BM-1	42	817971.00	9239058.00	2780.00	V39
2	817847.00	9238464.00	2694.00	V1	43	817992.00	9239078.00	2787.00	V40
3	818022.00	9238678.00	2781.00	V2	44	817995.00	9239134.00	2781.00	V41
4	817988.00	9238722.00	2773.00	V3	45	818027.00	9239177.00	2790.00	V42
5	817852.00	9238793.00	2754.00	V4	46	817955.00	9239149.00	2770.00	V43
6	817604.00	9238665.00	2726.00	V5	47	817889.00	9239119.00	2765.00	V44
7	817708.00	9238804.00	2735.00	V6	48	817850.00	9239138.00	2757.00	V45
8	817776.00	9238828.00	2738.00	V7	49	817830.00	9239076.00	2754.00	V46
9	817709.00	9238893.00	2727.00	V8	50	817687.00	9239087.00	2738.00	V47
10	817665.00	9238872.00	2719.00	V9	51	817958.00	9239213.00	2785.00	V48
11	817667.00	9238958.00	2725.00	V10	52	817905.00	9239185.00	2770.00	V49
12	817609.00	9238909.00	2716.00	V11	53	818010.00	9239281.00	2799.00	V50
13	817632.00	9239017.00	2721.00	V12	54	817807.00	9239280.00	2759.00	V51
14	817610.00	9239035.00	2719.00	V13	55	817778.00	9239304.00	2756.00	V52
15	817538.00	9238912.00	2712.00	V14	56	817695.00	9239316.00	2740.00	V53
16	817530.00	9238923.00	2711.00	V15	57	817709.00	9239286.00	2744.00	V54
17	817516.00	9238944.00	2711.00	V16	58	817740.00	9239294.00	2749.00	V55
18	817504.00	9238945.00	2711.00	V17	59	817730.00	9239450.00	2739.00	V56
19	817500.00	9238843.00	2716.00	V18	60	817732.00	9239499.00	2742.00	V57
20	817386.00	9238830.00	2722.00	V19	61	817690.00	9239468.00	2730.00	V58
21	817538.00	9239020.00	2716.00	V20	62	817490.00	9239412.00	2698.00	V59
22	817474.00	9238983.00	2675.00	V21	63	817458.00	9239371.00	2703.00	V60
23	817409.00	9238993.00	2699.00	V22	64	817527.00	9239309.00	2718.00	V61
24	817330.94	9239321.02	2683.64	CRP 1	65	817566.00	9239316.00	2717.00	V62
25	817581.00	9239127.00	2718.00	V23	66	817577.00	9239337.00	2716.00	V63
26	817547.00	9239153.00	2715.00	V24	67	817608.00	9239341.00	2721.00	V64
27	817485.00	9239174.00	2718.00	V25	68	817620.00	9239346.00	2721.00	V65
28	817505.00	9239161.00	2719.00	V26	69	817587.00	9239449.00	2711.00	V66
29	817485.00	9239161.00	2718.00	V27	70	817405.12	9239316.68	2702.03	BM-3
30	817467.00	9239154.00	2716.00	V28	71	817556.00	9239440.00	2709.00	V67
31	818178.00	9238645.00	2813.00	V29	72	817496.00	9239462.00	2698.00	V68
32	818179.00	9238663.00	2805.00	V30	73	817470.00	9239543.00	2705.00	V69
33	818195.00	9238676.00	2805.00	V31	74	817420.00	9239533.00	2709.00	V70
34	818109.00	9238865.00	2784.00	V32	75	817426.00	9239611.00	2721.00	V71
35	818026.00	9238935.00	2769.00	V33	76	817518.00	9239666.00	2723.00	V72
36	817951.00	9238868.00	2752.00	V34	77	817502.00	9239719.00	2736.00	V73
37	817879.00	9238906.00	2746.00	V35	78	817502.00	9239797.00	2746.00	V74
38	817824.00	9238943.00	2734.00	V36	79	817425.00	9239768.00	2730.00	V75
39	817877.00	9238989.00	2751.00	V37	80	817696.72	9239019.05	2732.49	V76
40	817710.00	9238880.00	2755.00	V38	81	817468.00	9238989.00	2682.00	V77
41	817619.11	9239167.71	2726.01	BM-2	82	817485.00	9238979.00	2704.00	V78

Puntos	Este	Norte	Cota	Descripción
83	817450.00	9239277.00	2721.00	V79
84	817449.00	9239148.00	2715.00	V80
85	817547.00	9239153.00	2715.00	V81
86	817575.00	9239064.00	2717.00	V82
87	817740.00	9239050.00	2740.00	V83
88	817412.00	9238990.00	2680.00	V84
89	817483.00	9238899.00	2708.00	V85
90	817364.00	9238926.00	2696.00	V86
91	817328.00	9238952.00	2692.00	V87
92	817345.00	9238972.00	2691.00	V88
93	817310.00	9238964.00	2686.00	V89
94	817308.53	9238916.09	2688.88	V90
95	817348.00	9238980.00	2690.00	V91
96	817294.00	9238936.00	2688.00	V92
97	817283.00	9238894.00	2687.00	V93
98	817270.00	9238887.00	2687.00	V94
99	817229.00	9238863.00	2684.00	V95
100	817206.00	9238858.00	2683.00	V96
101	817193.00	9238828.00	2680.00	V97
102	817167.00	9238898.00	2674.00	V98
103	817171.00	9238917.00	2674.00	V99
104	817214.00	9238915.00	2674.00	V100
105	817222.00	9238968.00	2674.00	V101
106	817237.00	9238960.00	2676.00	V102
107	817226.00	9238974.00	2675.00	V103
108	817281.00	9238977.00	2680.00	TN
109	817280.00	9238973.00	2680.00	V104
110	817270.00	9238981.00	2679.00	V105
111	817297.00	9238965.00	2682.00	V106
112	817299.00	9238956.00	2688.00	V107
113	817345.00	9239011.00	2684.00	V108
114	817327.00	9239043.00	2678.00	V109
115	817303.00	9239037.00	2677.00	V110
116	817283.00	9239029.00	2678.00	V111
117	817268.00	9238991.00	2678.00	V112
118	817271.00	9239030.00	2674.00	V113
119	817226.00	9239016.00	2669.00	V114
120	817217.00	9238997.00	2672.00	V115
121	817231.00	9239046.00	2664.00	V116
122	817236.00	9239036.00	2666.00	V117
123	817259.00	9239043.00	2666.00	V118
124	817294.00	9239094.00	2662.00	V119
125	817262.00	9239097.00	2661.00	TN
126	817314.00	9239111.00	2676.00	TN
127	817309.00	9239170.00	2675.00	TN
128	817250.00	9239139.00	2660.00	TN

Puntos	Este	Norte	Cota	Descripción
129	817241.00	9239169.00	2659.00	V120
130	817232.00	9239156.00	2660.00	V121
131	817223.00	9239150.00	2660.00	V122
132	817206.00	9239160.00	2659.00	V123
133	817257.00	9239167.00	2662.00	V124
134	817259.00	9239205.00	2660.00	V125
135	817182.00	9239317.00	2652.00	V126
136	817165.00	9239308.00	2651.00	V127
137	817158.00	9239309.00	2651.00	V128
138	817152.00	9239307.00	2652.00	V129
139	817159.00	9239302.00	2653.00	V130
140	817144.00	9239301.00	2652.00	V131
141	817135.00	9239297.00	2652.00	V132
142	817129.00	9239285.00	2652.00	V133
143	817128.00	9239282.00	2652.00	V134
144	817129.00	9239274.00	2652.00	V135
145	817162.00	9239338.00	2652.00	V136
146	817159.00	9239359.00	2652.00	V137
147	817160.00	9239359.00	2651.00	V138
148	817200.00	9239360.00	2654.00	V139
149	817188.00	9239368.00	2653.00	V140
150	817222.00	9239364.00	2655.00	V141
151	817245.00	9239359.00	2656.00	V142
152	817267.00	9239354.00	2657.00	V143
153	817144.00	9239372.00	2652.00	V144
154	817140.00	9239395.00	2649.00	V145
155	817132.00	9239388.00	2649.00	V146
156	817133.00	9239379.00	2650.00	V147
157	817206.81	9239653.15	2659.96	BM-4
158	817128.00	9239377.00	2650.00	V148
159	817119.00	9239384.00	2651.00	V149
160	817111.00	9239345.00	2651.00	TN
161	817107.00	9239382.00	2650.00	TN
162	817081.00	9239380.00	2650.00	TN
163	817096.00	9239377.00	2651.00	TN
164	817065.00	9239384.00	2650.00	TN
165	817057.00	9239382.00	2650.00	V150
166	817067.00	9239364.00	2649.00	V151
167	817065.00	9239309.00	2656.00	V152
168	817047.00	9239303.00	2658.00	V153
169	817146.00	9239099.00	2670.00	V154
170	817135.00	9238970.00	2681.00	V155
171	817106.00	9238997.00	2676.00	V156
172	817083.00	9239042.00	2669.00	V157
173	817457.00	9239250.00	2718.00	V158
174	817092.00	9239167.00	2663.00	TN

Puntos	Este	Norte	Cota	Descripción
175	817162.00	9239092.00	2668.00	TN
176	817177.00	9239078.00	2668.00	TN
177	817028.00	9239004.00	2671.00	TN
178	817050.00	9238951.00	2674.00	TN
179	817022.00	9238921.00	2677.00	TN
180	816974.00	9238862.00	2678.00	TN
181	816974.00	9238775.00	2687.00	TN
182	816960.00	9238825.00	2679.00	TN
183	816822.00	9238701.00	2697.00	TN
184	816824.00	9238811.00	2666.00	TN
185	816678.00	9238863.00	2656.00	TN
186	816639.00	9238856.00	2654.00	TN
187	816560.00	9238672.00	2653.00	V158
188	816554.00	9238884.00	2650.00	V159
189	816543.00	9238941.00	2646.00	V160
190	816752.00	9238959.00	2658.00	V161
191	816750.00	9238978.00	2656.00	V162
192	816900.00	9238922.00	2667.00	V163
193	816717.00	9239078.00	2649.00	V164
194	816820.00	9239083.00	2653.00	V165
195	816892.00	9239157.00	2651.00	V166
196	816923.00	9239171.00	2650.00	V167
197	816892.00	9239133.00	2653.00	V168
198	816931.00	9239240.00	2649.00	V169
199	816960.00	9239208.00	2651.00	V170
200	816964.00	9239216.00	2651.00	V171
201	816973.00	9239218.00	2651.00	V172
202	816982.00	9239232.00	2650.00	V173
203	817665.00	9238830.00	2719.00	V174
204	817033.00	9239244.00	2651.00	V175
205	817090.00	9239294.00	2650.00	V176
206	817117.00	9239330.00	2651.00	V177
207	817014.00	9239361.00	2645.00	V178
208	816926.00	9239359.00	2641.00	V179
209	816937.00	9239352.00	2641.00	V180
210	816941.00	9239345.00	2642.00	V181
211	816952.00	9239342.00	2642.00	V182
212	817690.00	9239300.00	2750.00	V183
213	816909.00	9239362.00	2639.00	V184
214	816901.00	9239360.00	2638.00	V185
215	816873.00	9239368.00	2637.00	V186
216	816847.00	9239376.00	2637.00	V187
217	816836.00	9239374.00	2637.00	V188
218	816808.00	9239378.00	2635.00	V189
219	816763.00	9239422.00	2634.00	V190
220	816769.00	9239436.00	2634.00	V191

Puntos	Este	Norte	Cota	Descripción
221	816786.00	9239426.00	2632.00	V192
222	816687.00	9239489.00	2630.00	V193
223	816717.00	9239514.00	2630.00	V194
224	816882.00	9239544.00	2629.00	TN
225	816888.00	9239545.00	2629.00	TN
226	816892.00	9239551.00	2628.00	TN
227	816996.00	9239611.00	2630.00	TN
228	817036.00	9239787.00	2632.00	TN
229	817073.00	9239674.00	2631.00	TN
230	817096.00	9239693.00	2634.00	TN
231	817118.00	9239697.00	2637.00	TN
232	817164.00	9239572.00	2642.00	TN
233	817189.00	9239481.00	2642.00	V195
234	817105.00	9239411.00	2639.00	V196
235	817147.39	9238969.54	2679.97	BM-5
236	817068.00	9239415.00	2638.00	V197
237	817047.00	9239417.00	2638.00	V198
238	817006.00	9239444.00	2634.00	V199
239	817047.00	9239481.00	2633.00	V200
240	816950.00	9239460.00	2630.00	TN
241	816927.00	9239440.00	2631.00	TN
242	816906.00	9239430.00	2630.00	TN
243	816909.00	9239420.00	2631.00	TN
244	816900.00	9239416.00	2631.00	TN
245	816877.00	9239412.00	2631.00	TN
246	816863.00	9239412.00	2631.00	TN
247	816583.00	9239306.00	2628.00	TN
248	817791.00	9238933.00	2741.59	CAP
249	817603.00	9238920.00	2718.00	TN
250	816565.00	9238680.00	2653.00	TN
251	817469.00	9239217.00	2721.00	TN
252	817212.00	9239442.00	2660.00	TN

Anexo B

Figura 39. Certificado de Calibración de Estación Total 1/2



OTORGADO A: CHAVEZ CHILON LUIS FELIPE
EQUIPO: Estación Total Marca LEICA Modelo TS10 3" R1000
SERIE: 3304385

AÑO: 2022
Nº Cert - 23662

REPORTE DE CALIBRACIÓN

R.U.C: 10716572728

FECHA DE EMISION: 2022-11-08

GEOTOP SAC, CERTIFICA EL CUMPLIMIENTO DE LA NORMA DIN 18723, SEGUN LOS ESTANDARES INTERNACIONALES ESTABLECIDOS

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL INSTRUMENTO SEGÚN EL FABRICANTE

Precisión del Distanciametro: $\pm/(2+2 \text{ ppm} \times D) \text{ mm}$
Constante Estadimetrica 100m
Telescopio Imagen directa: 30X
Lectura Mínima: 1"/5"
Precisión Angular: 3"

VERIFICACIÓN DEL EQUIPO

PANEL DE CONTROL

CONDICION FISICAOK
FUNCIONES DEL TECLADOOK
MARCAS DEL TECLADOOK

BASE

CONDICION FISICAOK
NIVELOK
TORNILLOSOK

REVISIÓN

ERROR VERTICAL Y HORIZONTAL OK
PERPENDICULARIDAD OK
PLOMADA Y PUNTERO LASER OK

CALIBRACIÓN

VERTICALOK
HORIZONTALOK

PRECISIÓN

ANGULO HORIZONTALOK
ANGULO VERTICALOK

APARIENCIA VISIBLE

COLOR OK
LIMPIEZA OK

PATRÓN DE MEDICIONES DEL INSTRUMENTO EN 00°00'00"

ANGULO HZ	00°00'00"	Der.	180°00'00"
ANGULO V	90°00'00"	180°	270°00'00"
Arriba	60°00'00"	180°	240°00'00"
Abajo	120°00'00"	180°	300°00'00"

MEDICIONES DE PATRÓN

ANGULO HZ	00°00'00"	180°00'00"
ANGULO V	90°00'00"	270°00'00"

RESULTADO V=OK HZ=OK

VALOR LEÍDO EN EL INSTRUMENTO

	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
VERTICAL	360	00	02
HORIZONTAL	360	00	01

VALOR A CORREGIR

	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
VERTICAL	00	00	02
HORIZONTAL	00	00	01

VALOR LEÍDO EN EL INSTRUMENTO CALIBRADO

	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
VERTICAL	360	00	01
HORIZONTAL	360	00	01

CALIBRACIÓN DEL DISTANCIOMETRO

MEDIDA PATRON (m)	MEDIDA INICIAL (m)	ERROR A CORREGIR DE MEDIDA INICIAL A MEDIDA PATRON (m)	MEDIDA FINAL (m)	DESVIACION ESTANDAR (m)
50.003	50.001	0.002	50.002	0.001
150.007	150.005	0.002	150.006	0.001
200.002	200.001	0.001	200.001	0.001

RANGO DE TOLERANCIA

	GRADOS	MINUTOS	SEGUNDOS
+	360	00	03
-	359	59	57

CERTIFICAMOS QUE EL EQUIPO EN MENCIÓN, SE ENCUENTRA TOTALMENTE REVISADO, CONTROLADO Y CALIBRADO, SEGÚN NORMA DIN 18723.

CONDICIONES AMBIENTALES DE CALIBRACIÓN Y VERIFICACIÓN

Lugar: Taller de Servicio Técnico de GEOTOP S.A.C.
Temperatura: Promedio de 20 grados C con variación de +/- 0.5 grados C. Humedad Relativa de 58%.

Figura 40. Certificado de Calibración de Estación Total 2/2



AÑO: 2022
Nº Cert - 23662

REPORTE DE CALIBRACIÓN

TRAZABILIDAD DE LA VERIFICACIÓN

Equipo utilizado como patrón Equipo Patrón Estación Total LEICA Modelo TS16 P 1" R500 - Serie: 3216022 con certificación SILVER N° 3216022-01132022.
Equipo para medición de distancia: ubase Serie: 209042, Equipo para medición de ángulo: Estación Total LEICA Modelo TC1201+ Serie: 872459

Colimador Marca LEICA con telescopios cuyo retículo es enfocado al infinito. el grosor de sus brazos esta dentro de 1" y consta 4 colimadores: El colimador principal HZ1 consta de 4 retículos en plataforma fija, 2 colimadores verticales V1 y V2 constan de un solo retículo y el segundo colimador HZ2 incluye vista de cámara con distancia de enfoque infinito y una distancia focal de 250mm, apertura efectiva de 50mm y 2° de campo de visión, que es revisado periódicamente con el equipo patrón Estación Total LEICA Modelo TS16 P 1" R500 - Serie: 3216022, con método de lectura directa inversa.

FECHA DE CALIBRACIÓN: 2022-11-07
PRÓXIMA CALIBRACIÓN: 2023-05-07

DATOS: ESTE EQUIPO ANTES DE SALIR DE ALMACEN HA SIDO CHEQUEADO, Y SE ENCUENTRA EN PERFECTO ESTADO, ES DE SU RESPONSABILIDAD EL ADECUADO CUIDADO, ESTA EMPRESA NO SE RESPONSABILIZA POR POSIBLES DAÑOS CAUSADOS POR UNA MALA MANIPULACIÓN Y/O TRANSPORTE INAPROPIADO. A LA FIRMA SE MUESTRA LA CONFORMIDAD.

ENTREGUÉ CONFORME:




Osmair Pereira
Jefe de Soporte Técnico

Anexo C

Cálculo de los volúmenes de agua por hora en función a los descensos

- Altura de agua : 2.20 m
- Área del reservorio : 12.57 m²
- Diametro interno : 4.00 m
- Volumen del reservorio : 27.65 m³

Tabla 30. Cálculo de los volúmenes de agua por hora en función a los descensos y aforos al ingreso del reservorio

Miércoles (30/10/2024)					Jueves (31/10/2024)				
Hora	lectura (cm)	Δ (cm)	Volumen (m ³)	Caudal (l/s)	Hora	lectura (cm)	Δ (cm)	Volumen (m ³)	Caudal (l/s)
6:00-7:00	53	53	6.66		6:00-7:00	57	57	7.16	
7:00-8:00	118	65	8.17		7:00-8:00	119	62	7.79	
8:00-9:00	157	39	4.90		8:00-9:00	159	40	5.03	
9:00-10:00	191	34	4.27		9:00-10:00	193	34	4.27	
10:00-11:00	220	29	3.64		10:00-11:00	220	27	3.39	
11:00-12:00	-	-	-	1.02	11:00-12:00	-	-	-	1.02
12:00-1:00	-	-	-	1.02	12:00-1:00	-	-	-	1.02
1:00-2:00	-	-	-	1.02	1:00-2:00	-	-	-	1.02
2:00-3:00	-	-	-	1.02	2:00-3:00	-	-	-	1.02
3:00-4:00	-	-	-	1.02	3:00-4:00	-	-	-	1.02
4:00-5:00	-	-	-	1.02	4:00-5:00	-	-	-	1.02
5:00-6:00	-	-	-	1.02	5:00-6:00	-	-	-	1.02
6:00-7:00	-	-	-	1.02	6:00-7:00	-	-	-	1.02
7:00-8:00	-	-	-	1.02	7:00-8:00	-	-	-	1.02

Viernes (01/11/2024)					Sábado (02/11/2024)				
Hora	lectura (cm)	Δ (cm)	Volumen (m ³)	Caudal (l/s)	Hora	lectura (cm)	Δ (cm)	Volumen (m ³)	Caudal (l/s)
6:00-7:00	50	50	6.28		6:00-7:00	60	60	7.54	
7:00-8:00	110	60	7.54		7:00-8:00	135	75	9.42	
8:00-9:00	155	45	5.65		8:00-9:00	185	50	6.28	
9:00-10:00	190	35	4.40		9:00-10:00	220	35	4.40	
10:00-11:00	208	18	2.26		10:00-11:00	-	-	-	1.03
11:00-12:00	220	12	1.51		11:00-12:00	-	-	-	1.03
12:00-1:00	-	-	-	1.05	12:00-1:00	-	-	-	1.03
1:00-2:00	-	-	-	1.05	1:00-2:00	-	-	-	1.03
2:00-3:00	-	-	-	1.05	2:00-3:00	-	-	-	1.03
3:00-4:00	-	-	-	1.05	3:00-4:00	-	-	-	1.03
4:00-5:00	-	-	-	1.05	4:00-5:00	-	-	-	1.03
5:00-6:00	-	-	-	1.05	5:00-6:00	-	-	-	1.03
6:00-7:00	-	-	-	1.05	6:00-7:00	-	-	-	1.03
7:00-8:00	-	-	-	1.05	7:00-8:00	-	-	-	1.03

Domingo (03/11/2024)				
Hora	lectura (cm)	Δ (cm)	Volumen (m3)	Caudal (l/s)
6:00-7:00	55	55	6.91	
7:00-8:00	137	82	10.30	
8:00-9:00	182	45	5.65	
9:00-10:00	220	38	4.78	
10:00-11:00	-	-	-	1.03
11:00-12:00	-	-	-	1.03
12:00-1:00	-	-	-	1.03
1:00-2:00	-	-	-	1.03
2:00-3:00	-	-	-	1.03
3:00-4:00	-	-	-	1.03
4:00-5:00	-	-	-	1.03
5:00-6:00	-	-	-	1.03
6:00-7:00	-	-	-	1.03
7:00-8:00	-	-	-	1.03

Lunes (04/11/2024)				
Hora	lectura (cm)	Δ (cm)	Volumen (m3)	Caudal (l/s)
6:00-7:00	52	52	6.53	
7:00-8:00	112	60	7.54	
8:00-9:00	157	45	5.65	
9:00-10:00	195	38	4.78	
10:00-11:00	220	25	3.14	
11:00-12:00	-	-	-	1.01
12:00-1:00	-	-	-	1.01
1:00-2:00	-	-	-	1.01
2:00-3:00	-	-	-	1.01
3:00-4:00	-	-	-	1.01
4:00-5:00	-	-	-	1.01
5:00-6:00	-	-	-	1.01
6:00-7:00	-	-	-	1.01
7:00-8:00	-	-	-	1.01

Martes (05/11/2024)				
Hora	lectura (cm)	Δ (cm)	Volumen (m3)	Caudal (l/s)
6:00-7:00	56	56	7.04	
7:00-8:00	115	59	7.41	
8:00-9:00	155	40	5.03	
9:00-10:00	190	35	4.40	
10:00-11:00	220	30	3.77	
11:00-12:00	-	-	-	1.02
12:00-1:00	-	-	-	1.02
1:00-2:00	-	-	-	1.02
2:00-3:00	-	-	-	1.02
3:00-4:00	-	-	-	1.02
4:00-5:00	-	-	-	1.02
5:00-6:00	-	-	-	1.02
6:00-7:00	-	-	-	1.02
7:00-8:00	-	-	-	1.02

Anexo D
Panel Fotográfico

Figura 41. Estación Total LEICA Modelo TS10 3" R1000 usado para el levantamiento topográfico.



Figura 42. Día 1 del levantamiento topográfico – equipo de trabajo.



Figura 43. Día 1 del levantamiento topográfico, visado de puntos de los componentes del sistema de agua.



Figura 44. Toma de puntos topográficos del reservorio Santa Rosa y de su cerco perimétrico.



Figura 45. Toma de puntos topográficos de la Cámara rompe presión -T7 de Santa Rosa.



Figura 46. Día 2 del levantamiento topográfico – nivelación de Equipo



Figura 47. Día 2 del levantamiento topográfico – Pidiendo permiso a los comuneros para la toma de puntos de las conexiones en sus viviendas.



Figura 48. Día 3 del levantamiento topográfico – Pintado de estación



Figura 49. Día 3 del levantamiento topográfico – Tomas de puntos de redes de distribución y conexiones domiciliarias



Figura 50. Día 4 del levantamiento topográfico – ubicación para un mayor alcance



Figura 51. Día 4 del levantamiento topográfico- toma de puntos de redes de distribución y conexiones domiciliarias.



Figura 52. Inspección técnica de la captación, junto al operario del sistema de agua potable. Coordenadas UTM: Zona 17M, 817791.00 mE, 9238933.00 mN



Figura 53. Vista panorámica de la captación en la evaluación hidráulica de este componente. Coordenadas UTM: Zona 17M, 817791.00 mE, 9238933.00 mN



Figura 54. Visita guiada al reservorio, junto al operario del sistema de agua potable. Coordenadas UTM: Zona 17M, 817696.72 mE, 9239019.05 mN.



Figura 55. Inspección interna del reservorio: Visualización de la tubería de ingreso de agua, tubería de rebose y sistema de cloración por goteo con boya

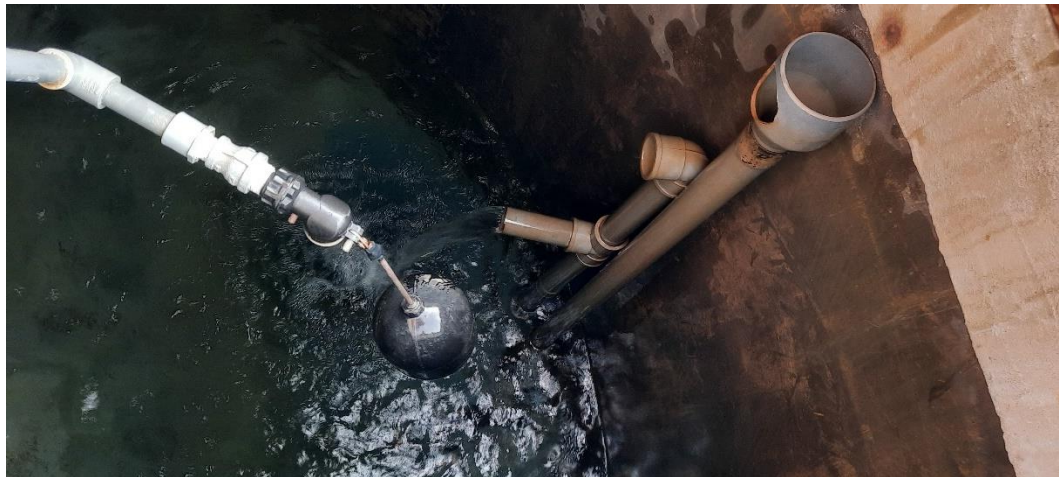


Figura 56. Inspección visual del Cerco Perimétrico del Reservorio de Santa Rosa



Figura 57. Medición de la Cámara Seca del Reservorio: Evaluación Visual del Componente.



Figura 58. Vista Interna y Evaluación Técnica de la Cámara de Válvulas del Reservorio.



Figura 59. Toma de medidas de la caseta de cloración del reservorio de Santa Rosa.



Figura 60. Examinación del estado actual del tanque de cloración del Sistema de Santa Rosa.



Figura 61. Vista panorámica de la CRP-T7, junto al operario del sistema de agua potable. Coordenadas UTM: Zona 17M, 817,330.94 mE, 9,239,321.02mN



Figura 62. Vista interna de la CRP-T7 del sistema de agua potable. Coordenadas UTM: Zona 17M, 817,330.94 mE, 9,239,321.02mN



Figura 63. Evaluación visual del estado actual de la válvula en la cámara seca de la CRP-T7. Coordenadas UTM: Zona 17M, 817,330.94 mE, 9,239,321.02mN



Figura 64. Equipo técnico para realizar el Aforo Volumétrica del caudal de Agua proveniente de la captación Santa Rosa



Figura 65. Medición de caudal aplicando el Método Volumétrico: Uso de balde de 18 L y cronómetro para toma de tiempo.



Figura 66. Visualización del nivel del agua en el Reservorio a las 5 a.m. durante la apertura de válvulas para distribución.



Figura 67. Medición de los descensos del agua cada hora y registro en el libro de apuntes.

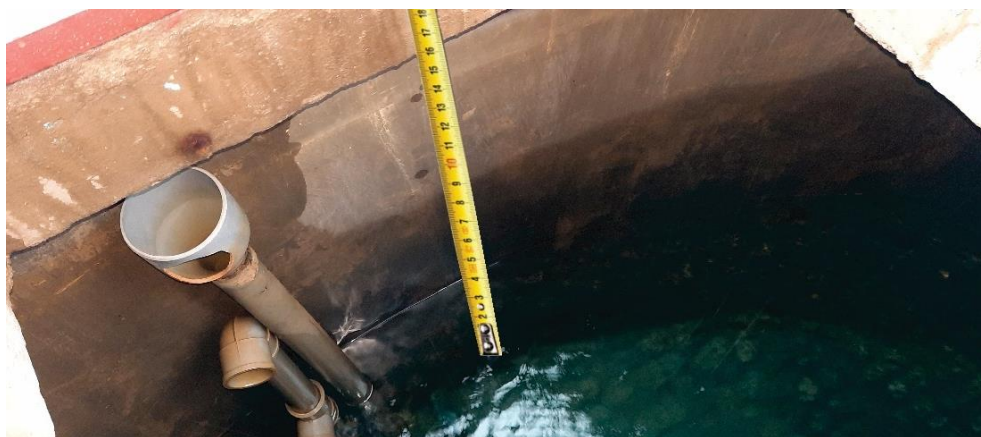


Figura 68. Nivel del agua a las 11 a.m.: Casi agotado, indicando un abastecimiento discontinuo



Figura 69. Instalación de manómetros en las viviendas muestrales para medición de presiones.



Figura 70. Inspección y toma de datos de las presiones en los manómetros instalados



Figura 71. Toma de datos de las presiones en las viviendas



Figura 72. Pre disposición de la población para la instalación de equipos para la toma de presiones en sus viviendas



Figura 73. Registro de datos en las viviendas muestrales



Figura 74. Verificación del funcionamiento correcto del manómetro y registro de datos en la Vivienda muestral



Figura 75. Registro de presiones bajas en las viviendas muestrales

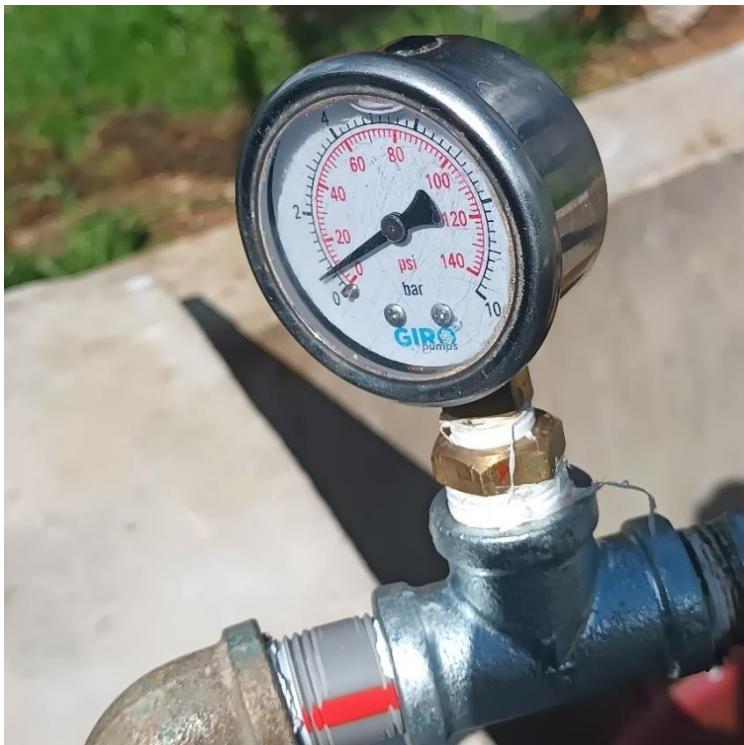


Figura 76. Registro de presiones altas en las viviendas muestrales



Figura 77. Aplicación de las encuestas a miembros de la JASS



Figura 78. Encuestando a la población de Santa Rosa



Figura 79. Encuesta sobre el servicio, operación y mantenimiento del agua en Santa Rosa



Figura 80. Recolección de opiniones a través de la aplicación de encuestas sobre el Sistema de Agua



Figura 81. Interacción con la comunidad: Evaluación de la Operación y Mantenimiento del Sistema de Agua



Figura 82. Aplicando las encuestas a la población e indagando sobre la continuidad del servicio.



Anexo E

Carta de autorización del presidente de la JASS para acceso y evaluación del sistema de abastecimiento de agua



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Shuitute s/n Chacapampa – Celendín - Telefax: 076-555307
eapisac@unc.edu.pe



“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

Autorización para acceso y evaluación del sistema de abastecimiento de agua potable sin alteración de la infraestructura

Yo, Wilson Fabian Díaz Chávez, identificado con DNI N° 44264429, de profesión prof. Educ. Física, y actualmente desempeñándome como presidente de la Junta Administradora de Servicios de Saneamiento (JASS) del caserío de Santa Rosa.

Por medio de la presente, autorizo al Bachiller Carlos Iván Cieza Humán identificado con DNI N° 77809008, el acceso a nuestro sistema de abastecimiento de agua potable para la realización de su tesis titulada "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO DE SANTA ROSA, DISTRITO Y PROVINCIA DE CELENDÍN – CAJAMARCA, 2023". Dicho proyecto tiene como objetivo realizar un diagnóstico del sistema de agua potable del caserío de Santa Rosa, distrito y provincia de Celendín, durante el periodo de enero a diciembre del año 2023.

Se concede permiso para la evaluación del sistema sin alterar la estructura de los componentes. No se autoriza ningún tipo de intervención que implique picado, rotura de concreto, perforaciones o cualquier trabajo que pueda dañar o modificar la infraestructura existente del sistema de agua potable.

Atentamente,

Santa Rosa, 29 de noviembre del 2022.

Wilson Fabian Díaz Chávez
Presidente JASS Santa Rosa
DNI 44264429

Carlos Iván Cieza Humán
Tesisista
DNI 77809008

Anexo F

Validación de encuesta sobre el diagnóstica de las problemáticas del sistema de agua potable del caserío de Santa Rosa



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Shuitute s/n Chacapampa – Celendín - Telefax: 076-555307
sapisac@unc.edu.pe



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Yo, Luis fernando Chávez Alvarez, identificado con DNI N° 71499345, CIP N° 329862, de profesión Ingeniero Civil, en ejercicio y actualmente laborando como **Jefe de Área** en la Dirección de Saneamiento Básico, Higiene Alimentaria y Zoonosis de la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental Cajamarca, hago constar por medio de la presente que he revisado con fines de validación el **instrumento de evaluación** propuesto para el informe de investigación del Bachiller en Ingeniería Sanitaria, Carlos Iván Cieza Humán, identificado con DNI N° 77809008.

Dicho instrumento será utilizado para sustentar el INFORME DE INVESTIGACIÓN titulado “Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable del Caserío de Santa Rosa, Distrito y Provincia de Celendín – Cajamarca, 2023,” que será presentado ante la Universidad Nacional de Cajamarca como parte del proceso para optar al título de Ingeniero Sanitario.

Luego de realizar las observaciones pertinentes, doy por conformidad el siguiente instrumento de investigación:

ENCUESTA DIAGNÓSTICA A MIEMBROS DE LA JASS SOBRE LAS PROBLEMÁTICAS DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERIO DE SANTA ROSA

a. Datos generales

Fecha: / /

Caserío:

Provincia:

Distrito:

Departamento:

Persona Entrevistada:

Ocupación:

Firma del encuestado:

b. Problemática del sistema de agua potable en Santa Rosa

1. ¿Cuál considera que es el principal problema relacionado con los componentes del sistema de agua? Marque con una X

a) Mal estado de las tuberías

b) Fugas frecuentes

c) Fallas en el reservorio

d) Otros (especificar): _____



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

Shuitute s/n Chacapampa – Celendín - Telefax: 076-555307

sapisac@unc.edu.pe



2. ¿Ha aumentado la demanda de nuevas conexiones de agua en el caserío? Marque con una X
 - a) Sí
 - b) No
 - c) No estoy seguro
 3. ¿Con qué frecuencia es interrumpido el servicio de agua potable? Marque con una X
 - a) Diariamente
 - b) Semanalmente
 - c) Mensualmente
 - d) No se interrumpe
 4. ¿Considera que la infraestructura actual del sistema de agua potable es suficiente para cubrir la demanda actual? Marque con una X
 - a) Sí
 - b) No
 - c) No estoy seguro
 5. ¿Existen problemas relacionados con la presión del agua en las conexiones domiciliarias? Marque con una X
 - a) Alta presión
 - b) Baja presión
 - c) Ambas
 - d) Ninguna
 6. ¿Se han reportado casos de enfermedades hídricas (como diarrea o infecciones gastrointestinales) relacionadas con el consumo de agua en la comunidad? Marque con una X
 - a) Sí
 - b) No
 - c) No estoy seguro
 7. ¿Cómo calificaría la calidad del agua que reciben las viviendas en términos de color, olor y sabor? Marque con una X
 - a) Buena
 - b) Regular
 - c) Mala
 - d) No tengo observaciones
 8. ¿Qué tan satisfecho está con el mantenimiento y limpieza del reservorio y otros componentes del sistema de agua? Marque con una X
 - a) Muy satisfecho
 - b) Satisfecho
 - c) Insatisfecho
 - d) Muy insatisfecho
 9. ¿Cree que es necesario realizar mejoras en el sistema de agua potable en el corto plazo? Marque con una X
 - a) Sí, de manera urgente
 - b) Sí, pero puede esperar
 - c) No es necesario en este momento
 10. ¿Qué otras problemáticas consideran que afectan el correcto funcionamiento del sistema de agua potable en el caserío? Marque con una X
-



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Shitute s/n Chacapampa – Celendín - Telefax: 076-555307
sapisac@unc.edu.pe



Observaciones (Precisar): *No se precisa ninguna observación*

Opinión de aceptabilidad:

- Aplicable
- Aplicable después de corregir ()
- No aplicable ()

Apellidos y nombre del juez evaluador: *Luis Chávez Álvarez* DNI N° *71499345*

Especialidad del Evaluador: *Ingeniero Civil*


LUIS FERNANDO CHÁVEZ ALVAREZ
Ingeniero Civil
Reg CIP. N° 329862

Anexo G:

Validación de encuesta sobre operación y mantenimiento del sistema de agua potable del caserío de Santa Rosa



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
Shuitute s/n Chacapampa – Celendín - Telefax: 076-555307
episac@unc.edu.pe



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Yo, José Ravinson Machuca Nevoredo identificado con DNI N° 46067331, CIP N° 244262, de profesión Ingeniero Civil, en ejercicio y actualmente laborando como **Jefe de supervisión** en el proyecto: "CREACION INSTALACION DE LAS UNIDADES BASICAS DE SANEAMIENTO EN LAS LOCALIDADES DE OXAPAMPA, ALTO PERU, NUEVO QUINUAMAYO, LA HUAYLLA, EL MIRADOR, VISTA ALEGRE, BELLA VISTA, CATALINA Y LOS C. P. DE MUYOC CHICO, JORGE CHAVEZ Y CAMPO ALEGRE, DISTRITO DE MIGUEL IGLESIAS - CELENDIN - CAJAMARCA", hago constar por medio de la presente que he revisado con fines de validación el **instrumento de evaluación** propuesto para el informe de investigación del Bachiller en Ingeniería Sanitaria, Carlos Iván Cieza Humán, identificado con DNI N° 77809008.

Dicho instrumento será utilizado para sustentar el INFORME DE INVESTIGACIÓN titulado "Evaluación Hidráulica del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable del Caserío de Santa Rosa, Distrito y Provincia de Celendín – Cajamarca, 2023," que será presentado ante la Universidad Nacional de Cajamarca como parte del proceso para optar al título de Ingeniero Sanitario.

Luego de realizar las observaciones pertinentes, doy por conformidad el siguiente instrumento de investigación:

ENCUESTA SOBRE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE AGUA POTABLE DEL CASERIO DE SANTA ROSA

a. Datos generales

Fecha: / /

Caserío:

Provincia:

Distrito:

Departamento:

Persona Entrevistada:

Ocupación:

Firma del encuestado:

b. Operación y Mantenimiento del sistema de agua potable en Santa Rosa

1. ¿Con qué frecuencia recibe agua potable en su vivienda? Marque con una X

a) Todo el día

b) Por horas, diariamente



- c) Solo algunos días a la semana d) Muy esporádicamente
2. ¿Qué duración tiene el suministro de agua potable a su vivienda? Marque con una X
a) Todo el día (24 hrs) b) Casi todo el día (13-24 hrs)
c) medio día (8-12 hrs) d) Por horas (Menos de 8 hrs)
3. ¿El agua tiene buena apariencia (transparente)? Marque con una X
a) Sí b) No c) Ocasionalmente
4. ¿El agua tiene algún olor desagradable? Marque con una X
a) Sí b) No c) Ocasionalmente
5. ¿Siente que el agua llega con una presión adecuada a su vivienda? Marque con una X
a) Sí b) No c) A veces es inadecuada
6. ¿Piensa que se ha enfermado del estómago por tomar agua del sistema de agua? Marque con una X
a) Sí b) No c) Ocasionalmente
7. ¿Se realizan actividades de mantenimiento en el sistema de agua? Marque con una X
a) Sí b) No c) No lo sé
8. ¿Le han informado sobre cortes programados para realizar trabajos de mantenimiento? Marque con una X
a) Sí, siempre b) Algunas veces c) Nunca d) No lo recuerdo

Conformidad del instrumento

Observaciones (Precisar): *No se precisa ninguna observación*

Opinión de aceptabilidad:

- Aplicable
- Aplicable después de corregir ()
- No aplicable ()

Apellidos y nombre del juez evaluador: *José Machuca Revoredo* DNI N° *46067331*

Especialidad del Evaluador: *Ingeniero Civil*

JRM
JOSE ROWINSON MACHUCA REVOREDO
Ingeniero Civil
Reg. CIP. N° 244262

Anexo H:
Reporte de enfermedades relacionadas con el agua de la Red III Celendín de la Dirección Regional de Salud de Cajamarca.

ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS

Nombre_Establamiento	cod_cie10	desc_efe	Suma de 01 a 29 días	Suma de 01 a 11 meses	Suma de 01 a 04 años	Suma de 05 a 11 años	Suma de 12 a 17 años	Suma de 18 a 29 años	Suma de 30 a 59 años	Suma de 60 años a más	Suma de Total
DE APOYO CELENDIN	A090	Otras gastroenteritis y colitis no especificadas de origen infeccioso	0	0	0	0	0	2	0	0	2
	A099	Gastroenteritis y colitis de origen no especificada	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	A09X	Infecciones Intestinales debidas a origen Hidrico	0	17	32	24	11	23	21	18	146
		TOTAL									

FUENTE: HISMINSA 01-01-2023 AL 30-06-2023


 GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
 DIRECCIÓN REGIONAL DE SALUD
 RED DE SERVICIOS DE SALUD CELENDIN
 Doc. Inf. Elias Sierra Velásquez
 COORDINADOR OITB

Anexo I: Informe de resultados de calidad del agua del Laboratorio Regional Cajamarca



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



INFORME DE ENSAYO N° IE 0820281

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
Dirección	-		
Persona de contacto	IVÁN CIEZA HUMÁN	Correo electrónico	cciezah14@unc.edu.pe

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo	16.10.23	Hora de Muestreo	11:15 a 11:20
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	01		
Ensayos solicitados	Físicoquímicos y Microbiológico		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación		
Referencia de la Muestra:	SANTA ROSA - CELENDÍN - CAJAMARCA		

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato	SC - 467	Cadena de Custodia	CC - 291 - 23
Fecha y Hora de Recepción	16.10.23	13:57	Inicio de Ensayo 16.10.23 14:10
Reporte Resultado	27.10.23	10:00	


Edder Neyra Jaico
Responsable de Laboratorio
CIP: 147028


Freddy López León
Especialista de Química
CIP: 198264


Enver Zulueta Santa Cruz
Especialista de Biología
CBP:9778

Cajamarca, 27 de Octubre de 2023.

INFORME DE ENSAYO N° IE 0820281

ENSAYOS			FISICOQUÍMICOS					
Código de la Muestra	Manantial "El mutuy"		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	0820281-01		-	-	-	-	-	-
Matriz	NATURAL		-	-	-	-	-	-
Descripción	Subterránea		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Santa Rosa		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.038	<LCM	-	-	-	-	-
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.065	0.094	-	-	-	-	-
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/L	0.050	<LCM	-	-	-	-	-
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.035	<LCM	-	-	-	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.064	<LCM	-	-	-	-	-
Sulfato (SO ₄ ⁼)	mg/L	0.070	0.514	-	-	-	-	-
Fosfato (PO ₄ ⁼)	mg/L	0.032	<LCM	-	-	-	-	-
Turbidez	NTU	0.09	0.15	-	-	-	-	-
pH a 25°C	pH	NA	7.45	-	-	-	-	-
Conductividad a 25°C	uS/cm	NA	11.6	-	-	-	-	-
(*) Color Verdadero	UC	4.0	<LCM	-	-	-	-	-
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	2.5	6.5	-	-	-	-	-
(*) Dureza Total	mg/L	0.5	3.2	-	-	-	-	-
Cianuro Total	mg/L	0.002	<LCM	-	-	-	-	-
Nitrógeno Amoniacal	mgN-NH3/L	0.028	<LCM	-	-	-	-	-
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6	<LCM	-	-	-	-	-
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	8.3	<LCM	-	-	-	-	-
(*) Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5	5.7	-	-	-	-	-

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

ENSAYOS			MICROBIOLÓGICOS					
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Coliformes Totales	NMP/100mL	1.8	<1.8	-	-	-	-	-
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1.8	2	-	-	-	-	-
Escherichia coli	NMP/100mL	1.8	<1.8	-	-	-	-	-
(*) Organismos de Vida Libre	N° Org/L	1.0	<1	-	-	-	-	-
(*) Fomas Parasitarias	N° Org/L	1.0	<1	-	-	-	-	-

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

Cajamarca, 27 de Octubre de 2023.

INFORME DE ENSAYO N° IE 0820281

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizados
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ +N-NO ₃)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Turbidez	NTU	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2130. B. 23rd Ed. 2017. Turbidity. Nephelometric Method
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+.B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Conductividad a 25°C	uS/cm	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2510. B. 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method
Color Verdadero	UC	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 23rd Ed. 2017: Color. Spectrophotometric Single Wavelength Method (Proposed)
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 A,C, 23rd Ed. 2017: Solids. Total Dissolved Solids Dried at 180°C
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed. 2017: Hardness EDTA Titrimetric Method
Cianuro Total	mg/L	ASTM D7511-12.2012. Standard Test Method for Total Cyanide by Segmented Flow Injection Analysis, In-Line Ultraviolet Digestion and Amperometric Detection.
Nitrógeno Amoniacal, Amoniac	mgN-NH ₃ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-NH ₃ D, 23rd Ed. 2017: Nitrogen (Ammonia). Ammonia-Selective Electrode Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved). Azide Modification.
Coliformes Totales	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E. 23rd Ed. 2017: Multiple - Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.
Escherichia coli	NMP/100mL	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A,B,C,E,G. 23rd Ed. 2017: Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Other Escherichia coli Procedures.
Organismos de Vida Libre	N° Org/L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 C.1, F.2. a, c.1, 23rd Ed.2017 / SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 10200 G, 23rd Ed.2017. Plankton. Concentration Techniques. Phytoplankton Counting Techniques / Plankton. Zooplankton. Counting Techniques.
Formas Parasitarias	N° Org/L	Concentración por centrifugación – Flotación: Método de Faust. Evaluación de riesgos para la salud por el uso de aguas residuales en agricultura. Manual de metodologías para el análisis microbiológico de aguas residuales y productos agrícolas. OPS/CEPIS. Margarita Aurazo. Lima, Perú. 1993.

NOTAS FINALES

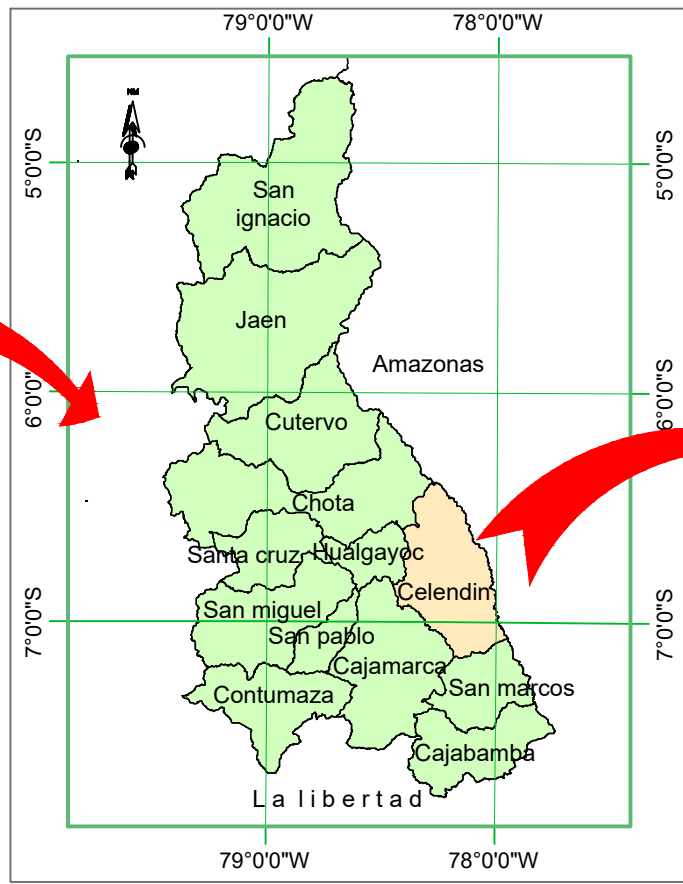
- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
 (°) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
 ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito 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 conservaran 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 luego 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.

"Fin del documento"

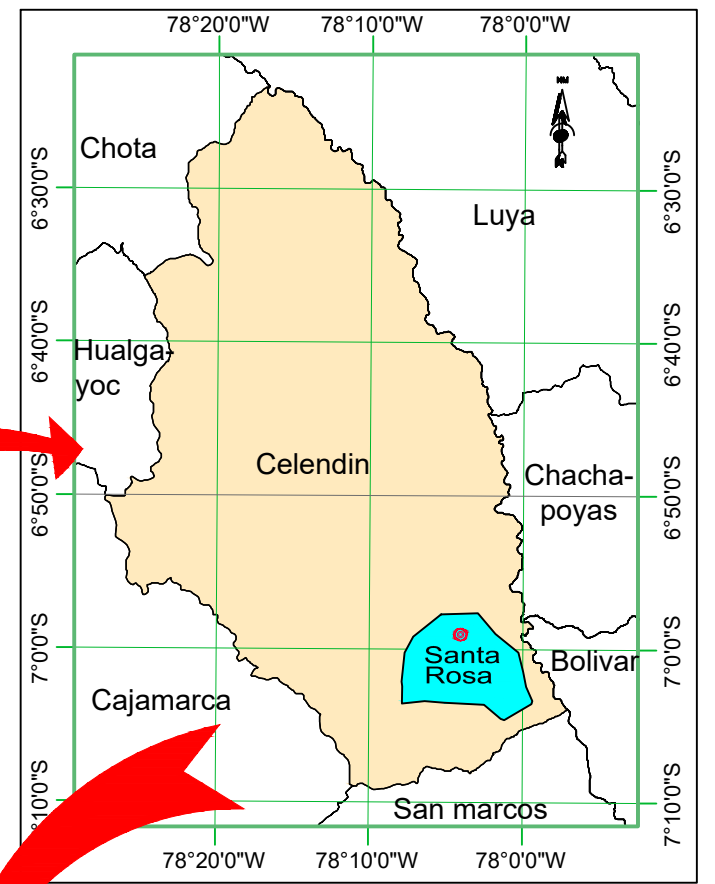
Anexo K: Planos



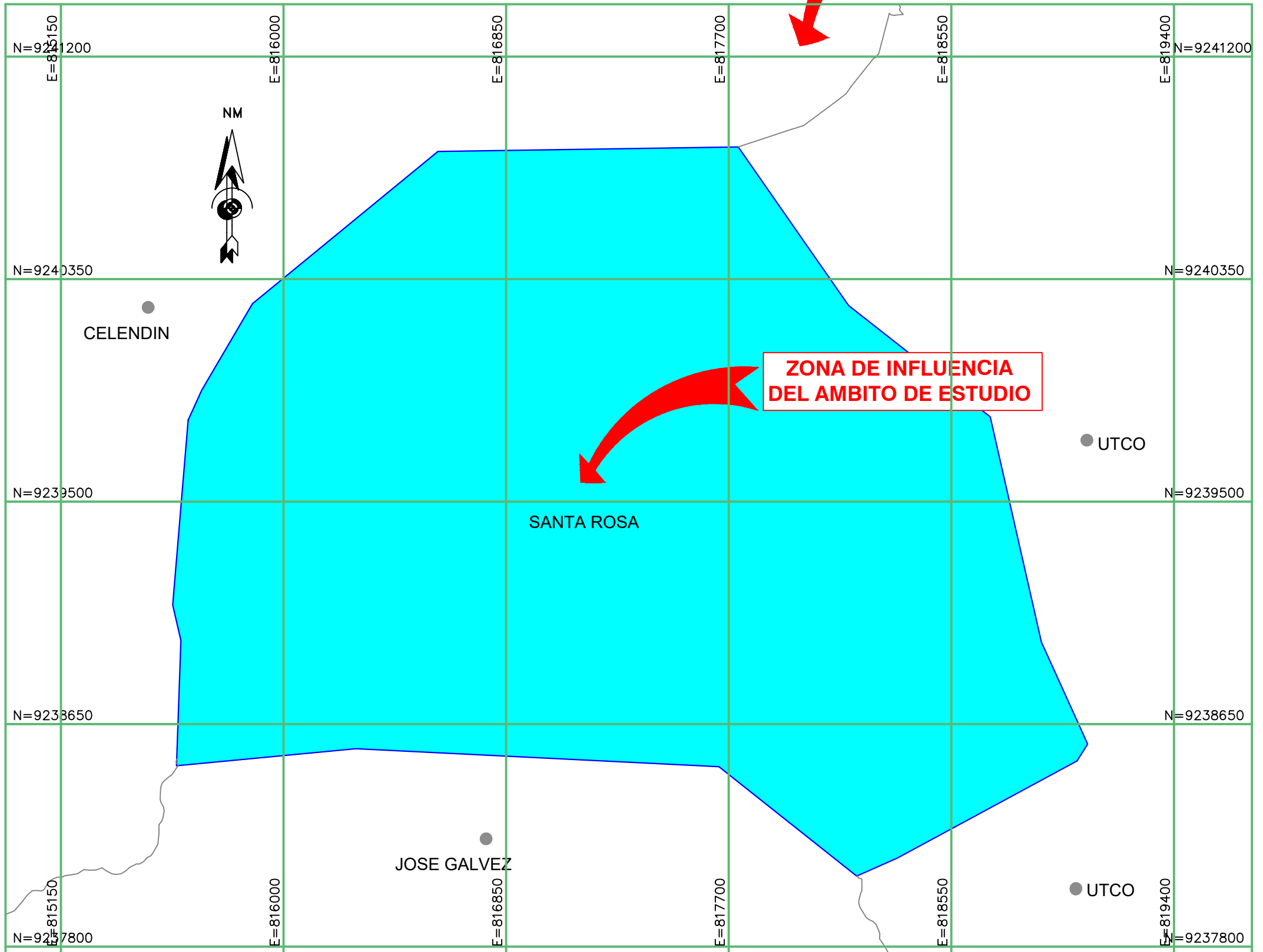
MAPA DEPARTAMENTAL
Esc: 1 / 30 000 000



MAPA DE UBICACIÓN PROVINCIAL
Esc: 1 / 5 000 000



MAPA DE UBICACIÓN DISTRITAL
Esc: 1 / 1 250 000



TRAMO	DISTANCIA (Km)	TIPO DE CARRETERA	TIEMPO (hr)	COSTOS (S/.)
Vía Terrestre				
Lima - Cajamarca	856	Asfaltada	15.45	130
Cajamarca - Celendin	97	Asfaltada	2	20
Celendin - Caserío Santa Rosa	2	Bicapa	0.25	5
Distancia total por Carretera	955		17.7	155

LEYENDA

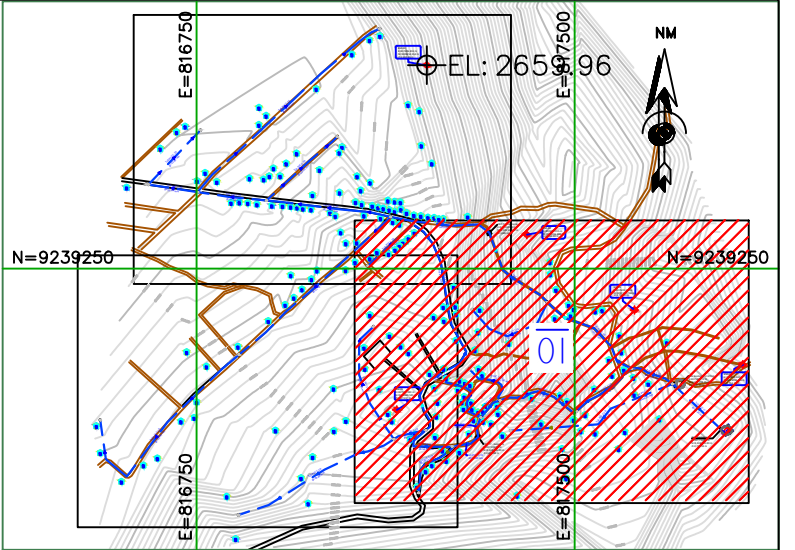
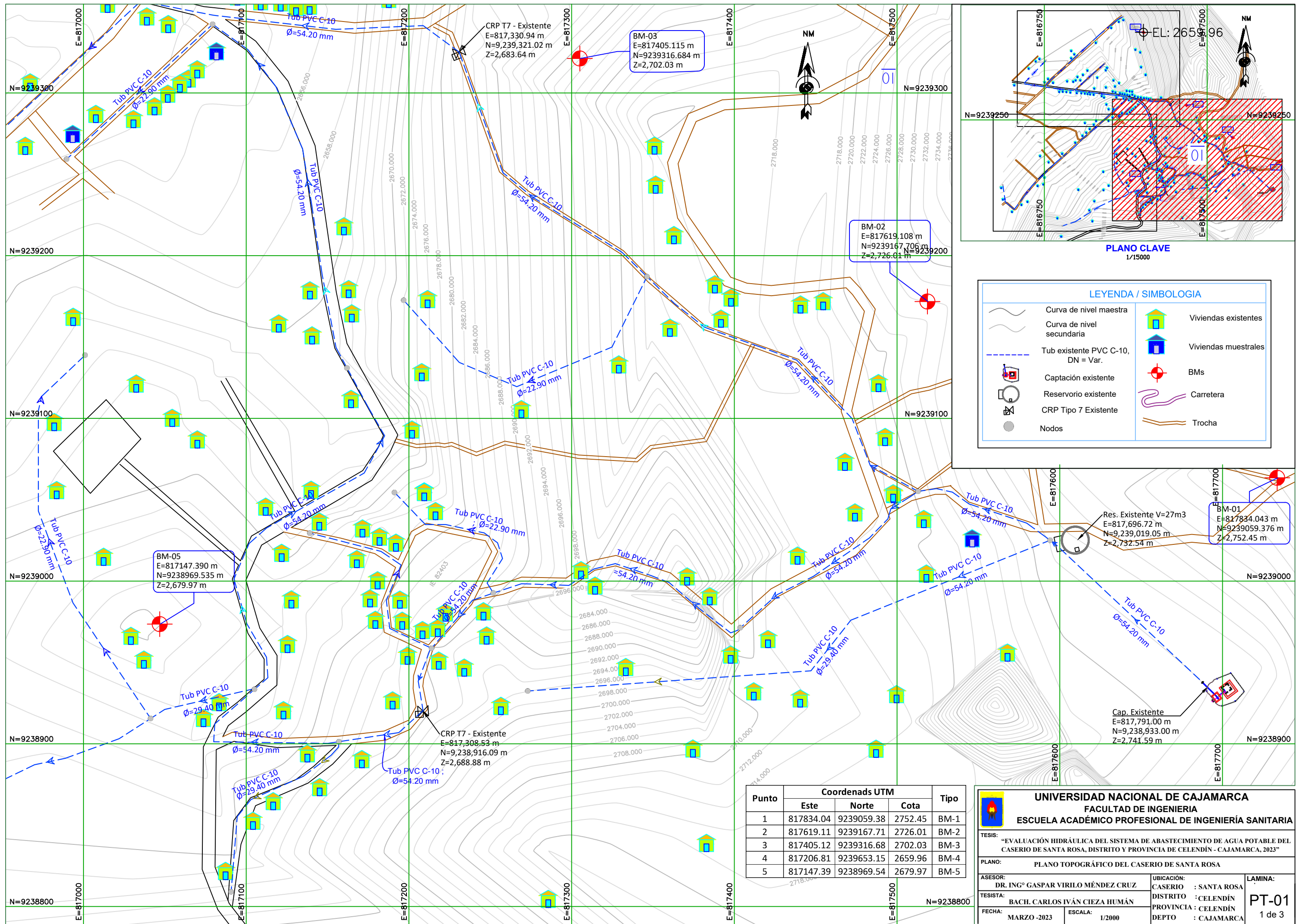
- DISTRITOS COLINDANTES
- LIMITE DISTRITAL
- LIMITE DE LA LOCALIDAD DE ESTUDIO
- ÁREA DE ESTUDIO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

TESIS: "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO DE SANTA ROSA, DISTRITO Y PROVINCIA DE CELENDÍN - CAJAMARCA, 2023"

PLANO DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

ASESOR: DR. ING° GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ	UBICACIÓN: CASERIO : SANTA ROSA DISTRITO : CELENDÍN PROVINCIA : CAJAMARCA	LAMINA: PU-01
TESISTA: BACH. CARLOS IVÁN CIEZA HUMÁN	FECHA: MARZO -2023	ESCALA: 1/1500



PLANO CLAVE
1/15000

LEYENDA / SIMBOLOGIA			
	Curva de nivel maestra		Viviendas existentes
	Curva de nivel secundaria		Viviendas muestrales
	Tub existente PVC C-10, DN = Var.		BMs
	Captación existente		Carretera
	Reservorio existente		Trocha
	CRP Tipo 7 Existente		
	Nodos		

Punto	Coordenads UTM			Tipo
	Este	Norte	Cota	
1	817834.04	9239059.38	2752.45	BM-1
2	817619.11	9239167.71	2726.01	BM-2
3	817405.12	9239316.68	2702.03	BM-3
4	817206.81	9239653.15	2659.96	BM-4
5	817147.39	9238969.54	2679.97	BM-5

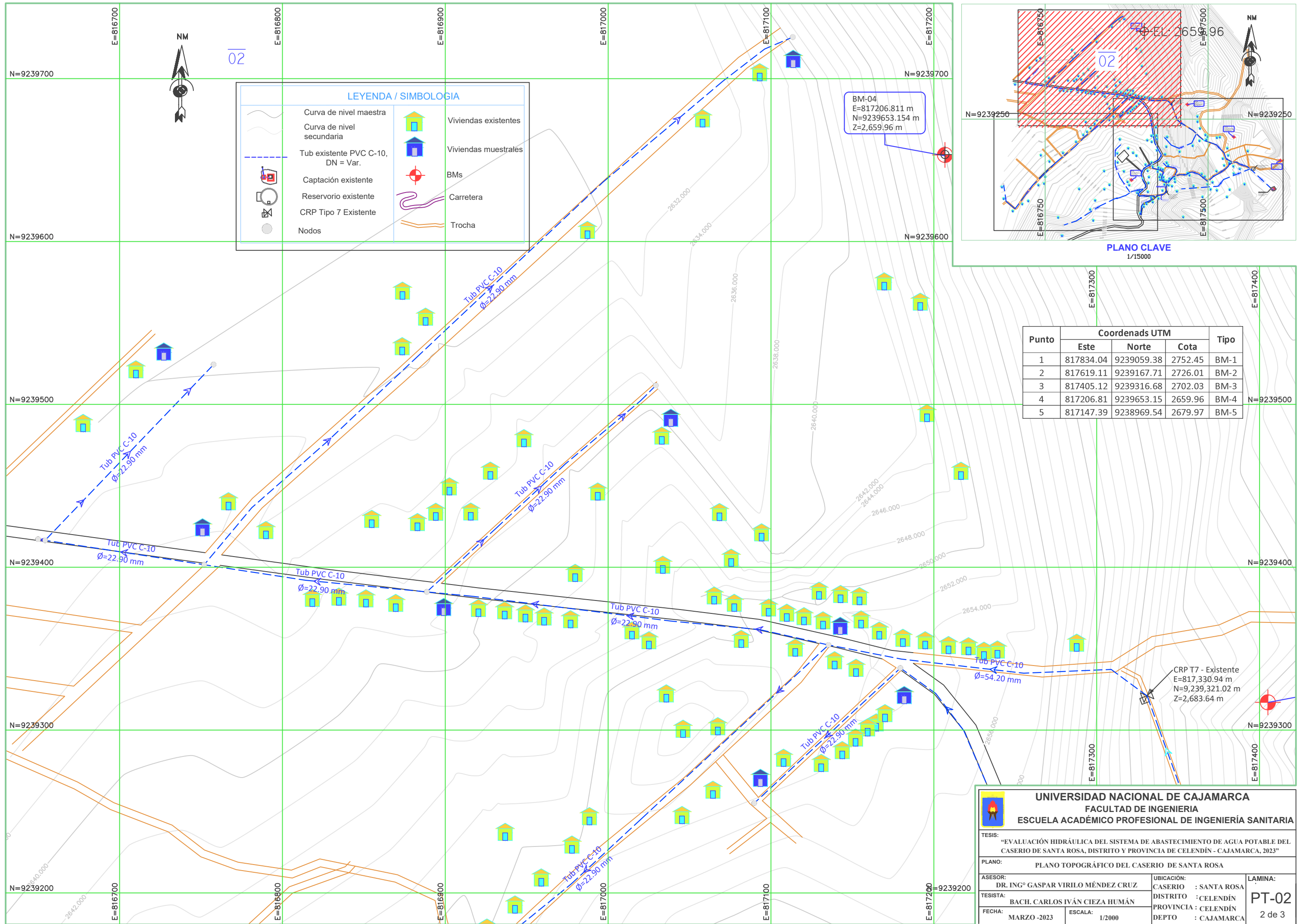
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA

TESIS: "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO DE SANTA ROSA, DISTRITO Y PROVINCIA DE CELENDÍN - CAJAMARCA, 2023"

PLANO: PLANO TOPOGRÁFICO DEL CASERIO DE SANTA ROSA

ASESOR: DR. ING° GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ	UBICACIÓN: CASERIO : SANTA ROSA DISTRITO : CELENDÍN PROVINCIA : CELENDÍN DEPTO : CAJAMARCA	LAMINA: PT-01 1 de 3
---	--	-----------------------------------

FECHA: MARZO -2023 ESCALA: 1/2000



LEYENDA / SIMBOLOGIA

	Curva de nivel maestra		Viviendas existentes
	Curva de nivel secundaria		Viviendas muestrales
	Tub existente PVC C-10, DN = Var.		BMs
	Captación existente		Carretera
	Reservorio existente		Trocha
	CRP Tipo 7 Existente		
	Nodos		

BM-04
E=817206.811 m
N=9239653.154 m
Z=2,659.96 m

Punto	Coordenads UTM			Tipo
	Este	Norte	Cota	
1	817834.04	9239059.38	2752.45	BM-1
2	817619.11	9239167.71	2726.01	BM-2
3	817405.12	9239316.68	2702.03	BM-3
4	817206.81	9239653.15	2659.96	BM-4
5	817147.39	9238969.54	2679.97	BM-5

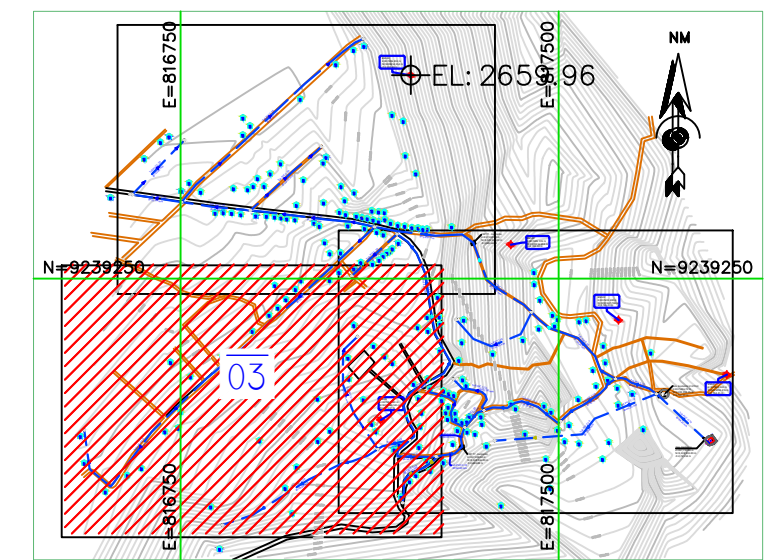
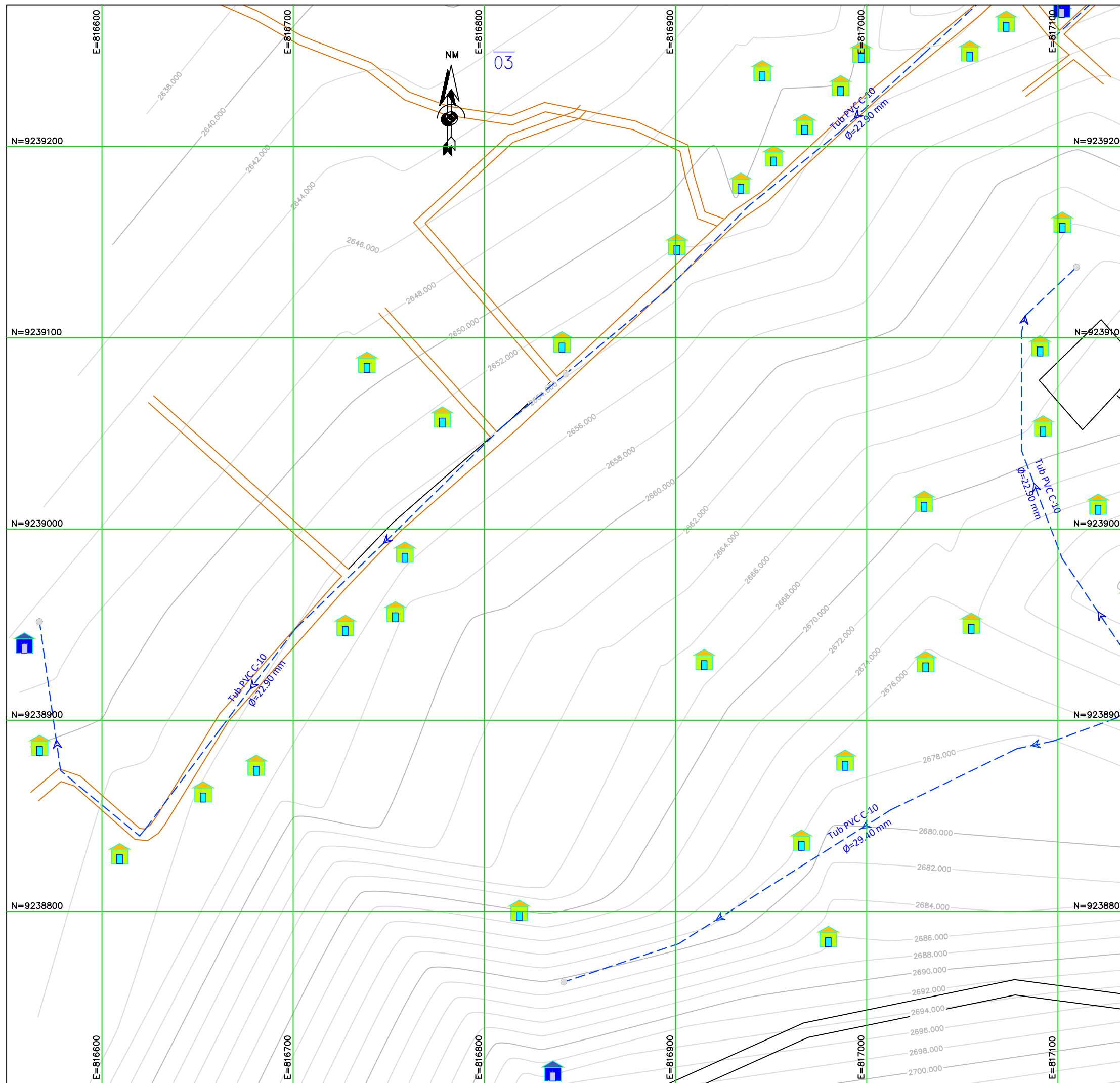
CRP T7 - Existente
E=817,330.94 m
N=9,239,321.02 m
Z=2,683.64 m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA

TESIS: "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO DE SANTA ROSA, DISTRITO Y PROVINCIA DE CELENDÍN - CAJAMARCA, 2023"

PLANO: PLANO TOPOGRÁFICO DEL CASERIO DE SANTA ROSA

ASESOR: DR. ING° GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ	UBICACIÓN: CASERIO : SANTA ROSA DISTRITO : CELENDÍN PROVINCIA : CELENDÍN DEPTO : CAJAMARCA	LAMINA: PT-02 2 de 3
TESISTA: BACH. CARLOS IVÁN CIEZA HUMÁN	FECHA: MARZO -2023	ESCALA: 1/2000

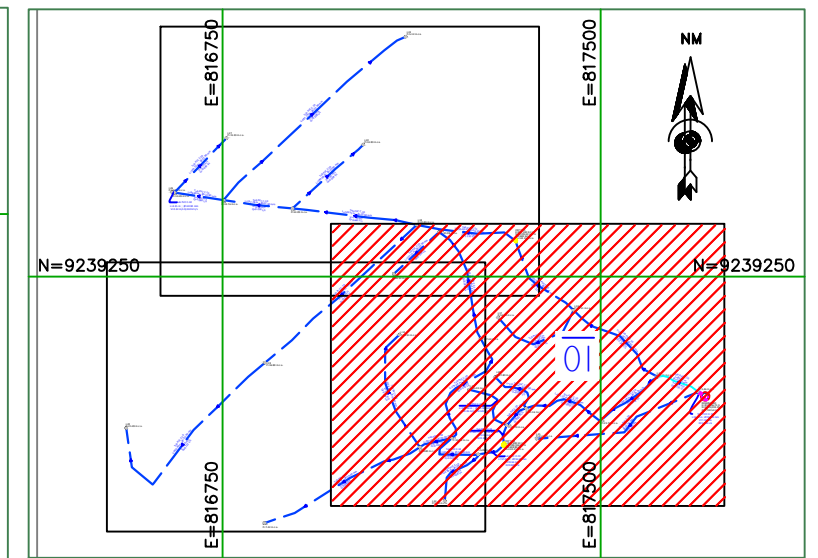
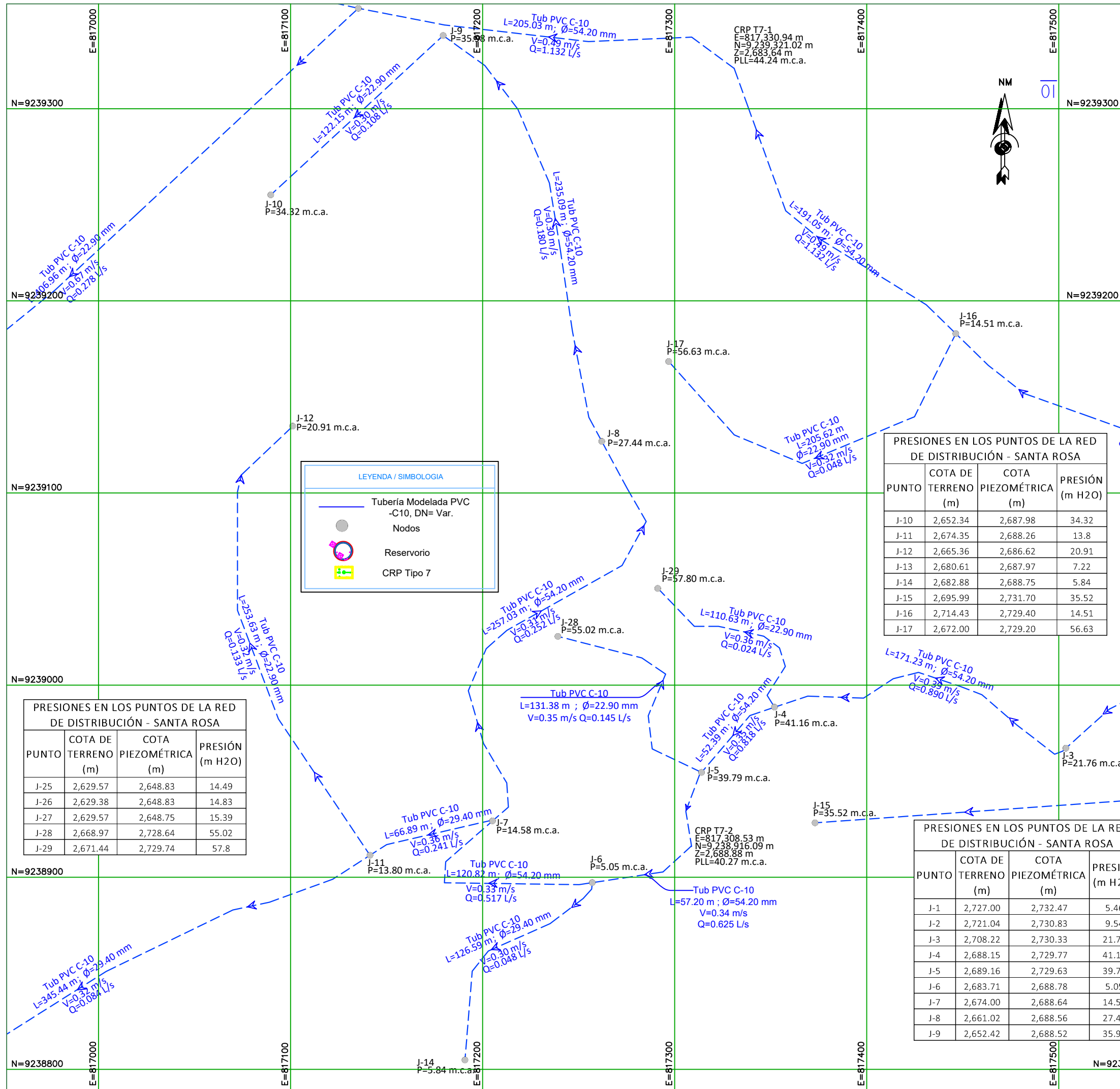


PLANO CLAVE
1/15000

Punto	Coordenads UTM			Tipo
	Este	Norte	Cota	
1	817834.04	9239059.38	2752.45	BM-1
2	817619.11	9239167.71	2726.01	BM-2
3	817405.12	9239316.68	2702.03	BM-3
4	817206.81	9239653.15	2659.96	BM-4
5	817147.39	9238969.54	2679.97	BM-5

LEYENDA / SIMBOLOGIA			
	Curva de nivel maestra		Viviendas existentes
	Curva de nivel secundaria		Viviendas muestrales
	Tub existente PVC C-10, DN = Var.		BMs
	Captación existente		Carretera
	Reservorio existente		Trocha
	CRP Tipo 7 Existente		
	Nodos		

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA			
TESIS: "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO DE SANTA ROSA, DISTRITO Y PROVINCIA DE CELENDÍN - CAJAMARCA, 2023"			
PLANO: PLANO TOPOGRÁFICO DEL CASERIO DE SANTA ROSA			
ASESOR: DR. ING° GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ	UBICACIÓN: CASERIO : SANTA ROSA DISTRITO : CELENDÍN PROVINCIA : CELENDÍN DEPTO : CAJAMARCA	LAMINA: PT-03 3 de 3	
TESISTA: BACH. CARLOS IVÁN CIEZA HUMÁN	ESCALA: 1/2000	FECHA: MARZO -2023	



PLANO CLAVE
1/15000

LEYENDA / SIMBOLOGIA

- Tubería Modelada PVC -C10, DN= Var.
- Nodos
- Reservorio
- CRP Tipo 7

PRESIONES EN LOS PUNTOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN - SANTA ROSA

PUNTO	COTA DE TERRENO (m)	COTA PIEZOMÉTRICA (m)	PRESIÓN (m H2O)
J-10	2,652.34	2,687.98	34.32
J-11	2,674.35	2,688.26	13.8
J-12	2,665.36	2,686.62	20.91
J-13	2,680.61	2,687.97	7.22
J-14	2,682.88	2,688.75	5.84
J-15	2,695.99	2,731.70	35.52
J-16	2,714.43	2,729.40	14.51
J-17	2,672.00	2,729.20	56.63

PRESIONES EN LOS PUNTOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN - SANTA ROSA

PUNTO	COTA DE TERRENO (m)	COTA PIEZOMÉTRICA (m)	PRESIÓN (m H2O)
J-18	2,650.59	2,682.60	31.81
J-19	2,653.89	2,672.35	16.88
J-20	2,646.44	2,669.85	21.49
J-21	2,634.87	2,651.39	14.09
J-22	2,632.13	2,650.56	13.89
J-23	2,633.48	2,648.98	13.76
J-24	2,640.95	2,646.85	5.12

PRESIONES EN LOS PUNTOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN - SANTA ROSA

PUNTO	COTA DE TERRENO (m)	COTA PIEZOMÉTRICA (m)	PRESIÓN (m H2O)
J-25	2,629.57	2,648.83	14.49
J-26	2,629.38	2,648.83	14.83
J-27	2,629.57	2,648.75	15.39
J-28	2,668.97	2,728.64	55.02
J-29	2,671.44	2,729.74	57.8

PRESIONES EN LOS PUNTOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN - SANTA ROSA

PUNTO	COTA DE TERRENO (m)	COTA PIEZOMÉTRICA (m)	PRESIÓN (m H2O)
J-1	2,727.00	2,732.47	5.46
J-2	2,721.04	2,730.83	9.54
J-3	2,708.22	2,730.33	21.76
J-4	2,688.15	2,729.77	41.16
J-5	2,689.16	2,729.63	39.79
J-6	2,683.71	2,688.78	5.05
J-7	2,674.00	2,688.64	14.58
J-8	2,661.02	2,688.56	27.44
J-9	2,652.42	2,688.52	35.98

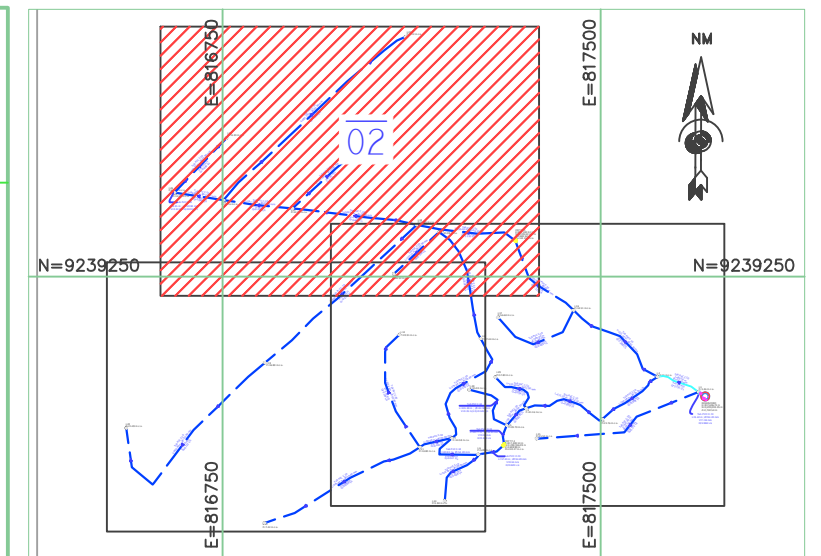
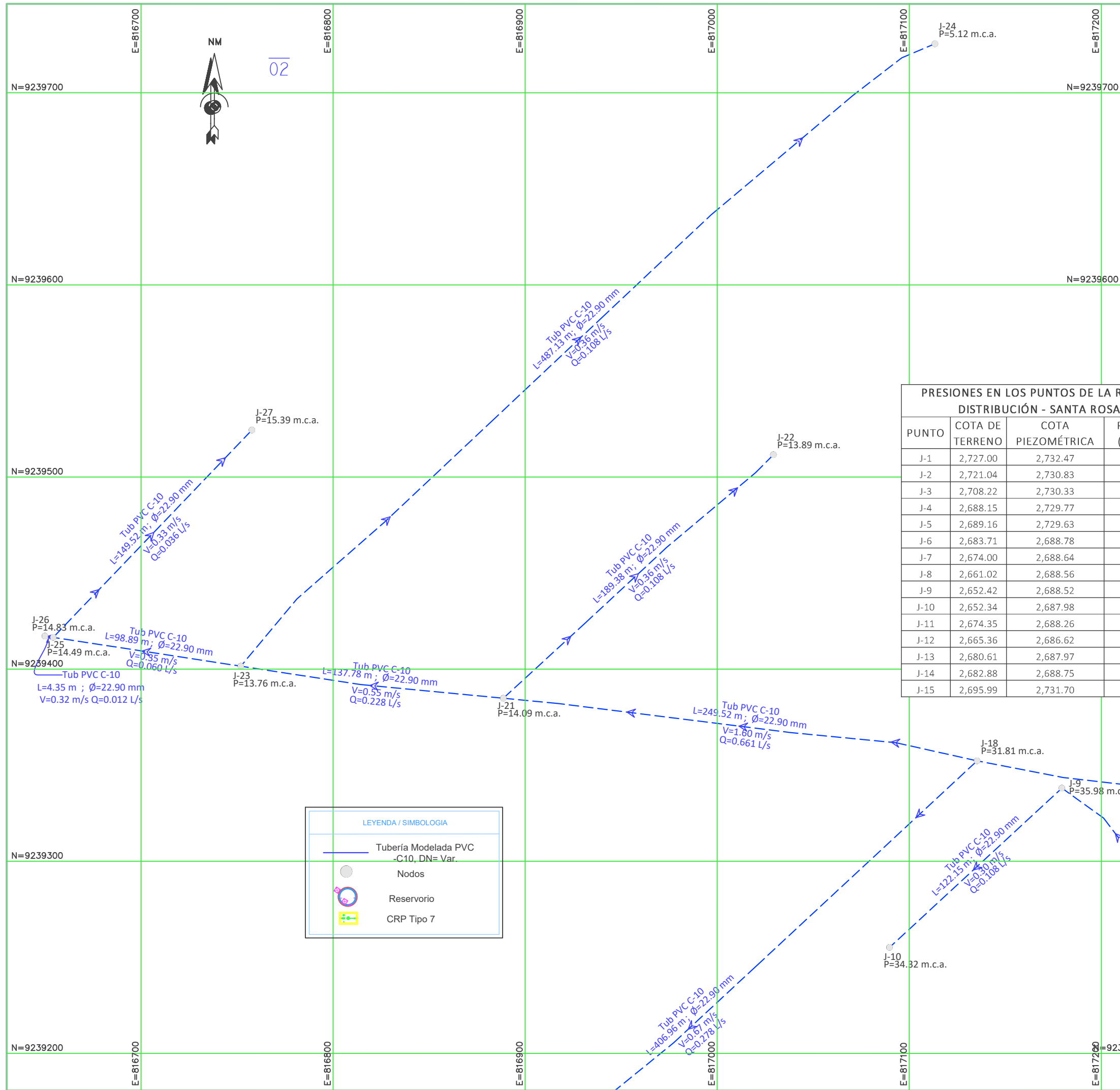
RESERVORIO
E=817,696.72 m
N=9,239,019.05 m
Z=2,732.54 m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA

TESIS: "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO DE SANTA ROSA, DISTRITO Y PROVINCIA DE CELENDÍN - CAJAMARCA, 2023"

PLANO: PLANO DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO

ASESOR: DR. ING° GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ	UBICACIÓN: CASERIO : SANTA ROSA DISTRITO : CELENDÍN PROVINCIA : CELENDÍN DEPTO : CAJAMARCA	LAMINA: MH-01 1 de 3
TESISTA: BACH. CARLOS IVÁN CIEZA HUMÁN	FECHA: MARZO -2023	ESCALA: 1/2000



PRESIONES EN LOS PUNTOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN - SANTA ROSA

PUNTO	COTA DE TERRENO	COTA PIEZOMÉTRICA	PRESIÓN (m H2O)
J-1	2,727.00	2,732.47	5.46
J-2	2,721.04	2,730.83	9.54
J-3	2,708.22	2,730.33	21.76
J-4	2,688.15	2,729.77	41.16
J-5	2,689.16	2,729.63	39.79
J-6	2,683.71	2,688.78	5.05
J-7	2,674.00	2,688.64	14.58
J-8	2,661.02	2,688.56	27.44
J-9	2,652.42	2,688.52	35.98
J-10	2,652.34	2,687.98	34.32
J-11	2,674.35	2,688.26	13.8
J-12	2,665.36	2,686.62	20.91
J-13	2,680.61	2,687.97	7.22
J-14	2,682.88	2,688.75	5.84
J-15	2,695.99	2,731.70	35.52

PRESIONES EN LOS PUNTOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN - SANTA ROSA

PUNTO	COTA DE TERRENO	COTA PIEZOMÉTRICA	PRESIÓN (m H2O)
J-16	2,714.43	2,729.40	14.51
J-17	2,672.00	2,729.20	56.63
J-18	2,650.59	2,682.60	31.81
J-19	2,653.89	2,672.35	16.88
J-20	2,646.44	2,669.85	21.49
J-21	2,634.87	2,651.39	14.09
J-22	2,632.13	2,650.56	13.89
J-23	2,633.48	2,648.98	13.76
J-24	2,640.95	2,646.85	5.12
J-25	2,629.57	2,648.83	14.49
J-26	2,629.38	2,648.83	14.83
J-27	2,629.57	2,648.75	15.39
J-28	2,668.97	2,728.64	55.02
J-29	2,671.44	2,729.74	57.8

LEYENDA / SIMBOLOGIA

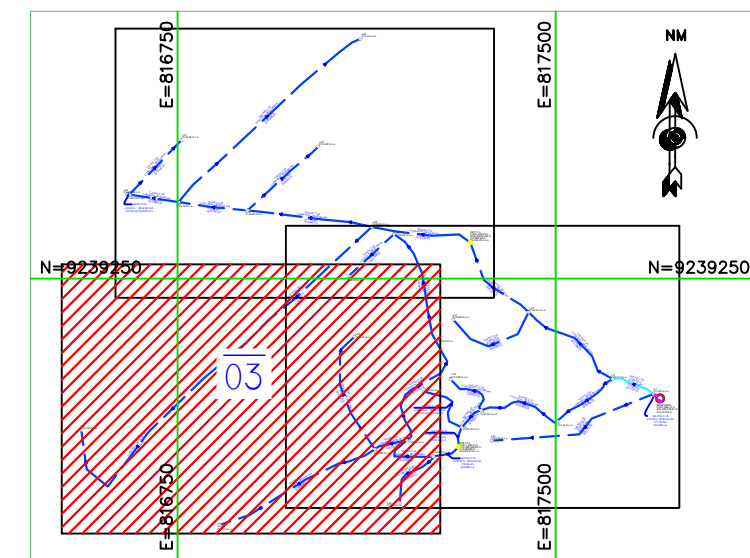
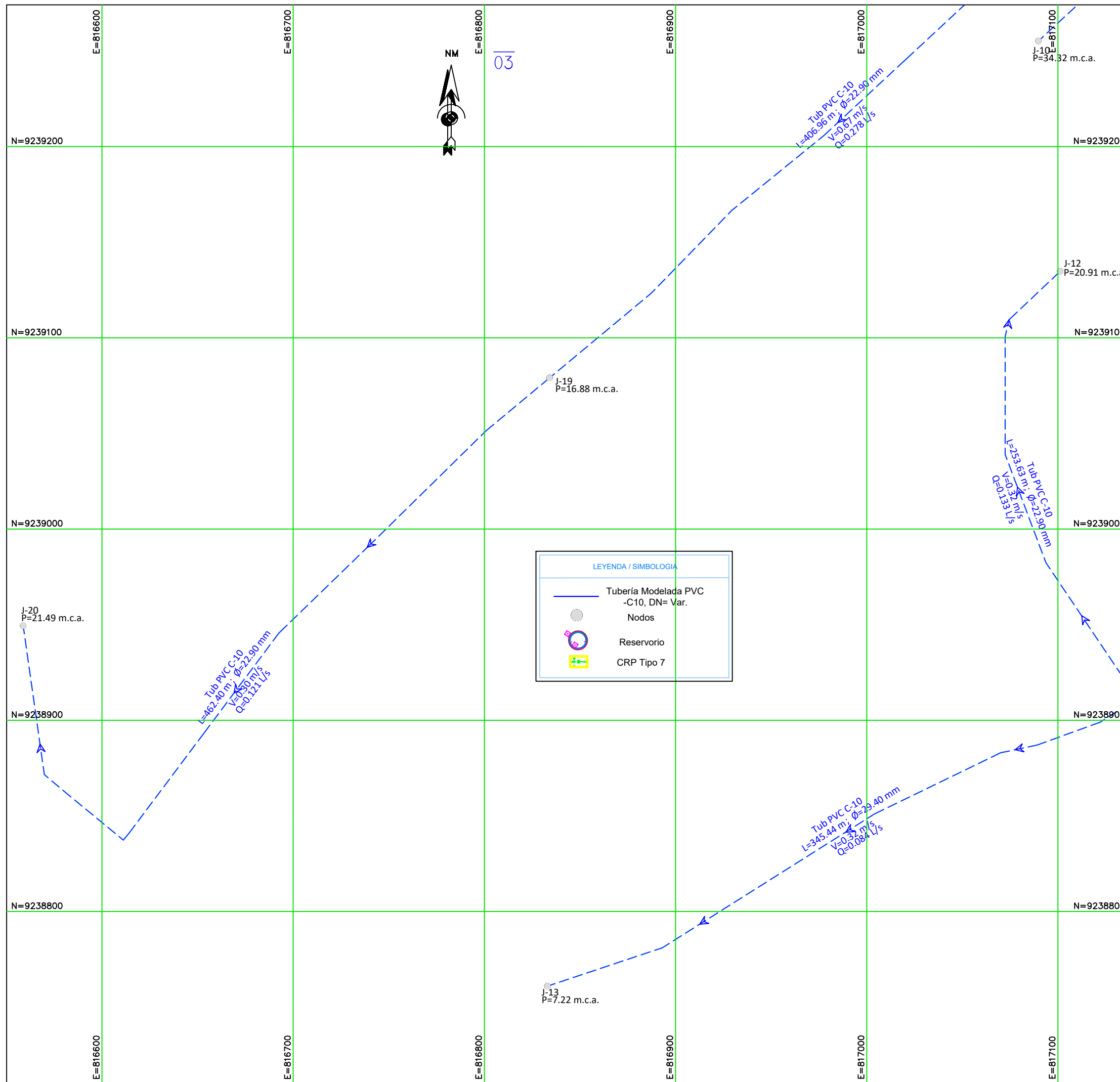
- Tubería Modelada PVC -C10, DN= Var
- Nodos
- Reservorio
- CRP Tipo 7

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

TESIS: "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO DE SANTA ROSA, DISTRITO Y PROVINCIA DE CELENDÍN - CAJAMARCA, 2023"

PLANO: **PLANO DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO**

ASESOR: DR. ING° GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ	UBICACIÓN: CASERIO : SANTA ROSA DISTRITO : CELENDÍN PROVINCIA : CELENDÍN DEPTO : CAJAMARCA	LAMINA: MH-02 2 de 3
TESISTA: BACH. CARLOS IVÁN CIEZA HUMÁN	FECHA: MARZO -2023	ESCALA: 1/2000



PLANO CLAVE
1/15000

PRESIONES EN LOS PUNTOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN - SANTA ROSA

PUNTO	COTA DE TERRENO	COTA PIEZOMÉTRICA	PRESIÓN (m H ₂ O)
J-1	2,727.00	2,732.47	5.46
J-2	2,721.04	2,730.83	9.54
J-3	2,708.22	2,730.33	21.76
J-4	2,688.15	2,729.77	41.16
J-5	2,689.16	2,729.63	39.79
J-6	2,683.71	2,688.78	5.05
J-7	2,674.00	2,688.64	14.58
J-8	2,661.02	2,688.56	27.44
J-9	2,652.42	2,688.52	35.98
J-10	2,652.34	2,687.98	34.32
J-11	2,674.35	2,688.26	13.8
J-12	2,665.36	2,686.62	20.91
J-13	2,680.61	2,687.97	7.22
J-14	2,682.88	2,688.75	5.84
J-15	2,695.99	2,731.70	35.52
J-16	2,714.43	2,729.40	14.51
J-17	2,672.00	2,729.20	56.63
J-18	2,650.59	2,682.60	31.81
J-19	2,653.89	2,672.35	16.88
J-20	2,646.44	2,669.85	21.49
J-21	2,634.87	2,651.39	14.09
J-22	2,632.13	2,650.56	13.89
J-23	2,633.48	2,648.98	13.76
J-24	2,640.95	2,646.85	5.12
J-25	2,629.57	2,648.83	14.49
J-26	2,629.38	2,648.83	14.83
J-27	2,629.57	2,648.75	15.39
J-28	2,668.97	2,728.64	55.02
J-29	2,671.44	2,729.74	57.8

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

TESIS: "EVALUACIÓN HIDRÁULICA DEL SISTEMA DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CASERIO DE SANTA ROSA, DISTRITO Y PROVINCIA DE CELENDÍN - CAJAMARCA, 2023"

PLANO: **PLANO DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO**

ASESOR: DR. ING° GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ	UBICACIÓN: CASERIO : SANTA ROSA DISTRITO : CELENDÍN PROVINCIA : CELENDÍN DEPTO : CAJAMARCA	LAMINA: MH-03 3 de 3
TESISTA: BACH. CARLOS IVÁN CIEZA HUMÁN	FECHA: MARZO -2023	ESCALA: 1/2000