

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA
GESTIONAR LA DEMANDA DE LA POBLACIÓN EN LAS COMUNIDADES
DE CHAMES Y SAN PEDRO, DISTRITO DE CONCHÁN – CHOTA -
CAJAMARCA – 2025”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. DAVID YOSIMAR GONZALES NUÑEZ

ASESOR:

Dr. Ing. GASPAR VIRILO MÉNDEZ CRUZ

CAJAMARCA-PERU

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. **Investigador:** DAVID YOSIMAR GONZALES NUÑEZ

DNI: 47088112

Escuela Profesional: Ingeniería Civil

2. **Asesor:** Gaspar Virilo Méndez Cruz

Facultad: Ingeniería

3. **Grado académico o título profesional**

☐ Bachiller

☒ Título profesional

☐ Segunda especialidad

☐ Maestro

☐ Doctor

4. **Tipo de Investigación:**

☒ Tesis

☐ Trabajo de investigación

☐ Trabajo de suficiencia profesional

☐ Trabajo académico

5. **Título de Trabajo de Investigación:**

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA GESTIONAR LA DEMANDA DE LA POBLACIÓN EN LAS COMUNIDADES DE CHAMES Y SAN PEDRO, DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA - 2025

6. **Fecha de evaluación:** 21/02/2026

7. **Software antiplagio:** ☒ TURNITIN

☐ URKUND (OURIGINAL) (*)

8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 14 %

9. **Código Documento: Oid:** 3117:559421259

10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**

☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: Cajamarca, 21 de febrero de 2026



FIRMA DEL ASESOR

Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz

DNI: 26631950



Firmado digitalmente por:
BAZAN DIAZ Laura Sofia
FAU 20148268601 soft
Motivo: En señal de
conformidad
Fecha: 21/02/2026 23:27:48-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



Universidad Nacional de Cajamarca

Norte de la Universidad Peruana

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

ACTA N° 0098-2026

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Art. 035 del Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Cajamarca, la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, da a conocer que, a los **nueve días del mes de marzo de 2026**, siendo las quince horas con treinta minutos (03:30 p.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Cajamarca, se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.
Vocal : Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Secretario : M.Cs. Ing. José Hilario Longa Álvarez.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis **EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA GESTIONAR LA DEMANDA DE LA POBLACIÓN EN LAS COMUNIDADES DE CHAMES Y SAN PEDRO, DISTRITO DE CONCHAN - CHOTA - CAJAMARCA - 2025**, presentado por el Bachiller en Ingeniería Civil **DAVID YOSIMAR GONZALES NUÑEZ**, 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 : ¹¹ PTS.
EVALUACIÓN FINAL : ¹⁷ PTS. *Decisiete* (En letras)

En consecuencia, se lo declara *Aprobado* con el calificativo de *Decisiete (17)* acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las *1200* horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. Hermes Roberto Mosqueira Ramírez.
Presidente

Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Vocal

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

Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
Asesor

AGRADECIMIENTO

Agradecer primeramente a Dios por darme vida, salud, y fuerzas para salir cada día adelante.

A mi madre Cecilia Nuñez Guevara, por ser una persona ejemplar y por brindarme su apoyo incondicional en cada meta propuesta.

Al Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz por su apoyo continuo como mi asesor en el logro de mi objetivo.

A esta gloriosa institución, La Universidad Nacional de Cajamarca por permitirme formarme como profesional en el ámbito de la ingeniería.

A mi jurado calificador por ser parte de este proceso, y a todas las personas involucradas que con su apoyo desinteresado hacen posible que pueda lograr este cometido.

DEDICATORIA

A Dios mi benefactor, primeramente, ya que sin su ayuda no podría lograr nada. A mi madre que es el motivo de querer superarme cada día. Finalmente, a mis amistades y amigos que siempre han estado para apoyarme.

CONTENIDO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA	1
AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del Problema	1
1.2 Formulación del problema	2
1.3 Justificación de la investigación	2
1.4 Alcances o delimitación de la investigación	3
1.5 Objetivos	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
1.6 Descripción del contenido de los capítulos	4
CAPITULO II. MARCO TEORICO	6
2.1. Antecedentes teóricos	6
2.1.1. Antecedentes internacionales	6
2.1.2. Antecedentes nacionales	7
2.1.3. Antecedentes regionales	9
2.2. Bases teóricas	10
2.2.1. Sistema de abastecimiento de agua	10
2.2.2. Tipos de sistema de abastecimiento	10
2.2.3. Componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable	11
2.2.4. Parámetros hidráulicos	18
2.2.5. Watercad	19
2.2.6. Métodos de estimación de caudales para sistemas existentes	20

2.2.7.	Fórmula de Hazen-Williams	21
2.2.8.	Perdidas de cargas locales	22
2.2.9.	Altura dinámica total.	23
2.2.10.	Diámetro de la Línea de impulsión.	23
2.2.11.	Dotación de agua	23
2.2.12.	Coeficientes de pérdidas en tuberías	24
2.2.13.	Válvula de aire	25
2.2.14.	Control sanitario	25
2.2.15.	Análisis físico-química del agua potable	26
2.2.16.	Cobertura del servicio de agua potable	26
2.2.17.	Pérdida de agua	27
2.2.18.	Ensayo de dureza superficial (astm C805).....	27
2.3.	Definición de términos básicos.....	30
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS.....		33
3.1	Descripción de la zona de estudio.....	33
3.1.1.	Ubicación política	33
3.1.2.	Ubicación geográfica del área de estudio	35
3.1.3.	Población	35
3.1.4.	Clima.....	36
3.1.5.	Topografía	36
3.2	Antecedentes históricos del sistema de agua potable de Chames y San Pedro	37
3.3	Instrumentos, materiales y equipos.....	38
3.4	Hipótesis de investigación	39
3.4.1.	Hipótesis general.....	39
3.4.2.	Variable	39
3.4.3.	Dimensiones de la variable	39
3.4.4.	Indicadores.....	39
3.4.5.	Operacionalización de variables:	40
3.4.6.	Matriz de consistencia	41
3.5	Metodología de la investigación	43
3.5.1.	Metodología de la investigación	43
3.5.2.	Tipo	43

3.5.3. Diseño	43
3.5.4. Nivel.....	43
3.6 Población de estudio	43
3.6.1. Unidad De Estudio.....	43
3.6.2 Población	44
3.6.3 Muestra	44
3.6.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	44
3.7 Análisis de la interpretación de los datos.....	46
CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	47
4.1 Caracterización de las comunidades de Chames y San Pedro.	47
4.2 Descripción de componentes del sistema de agua de consumo humano.	48
4.2.1. Captación:	50
4.2.2. Conducción: captación – estación de bombeo 01	52
4.2.3. Estación de bombeo 01, 02, 03.	53
4.2.4. Línea de impulsión.....	58
4.2.5. Válvula de aire	58
4.2.6. Pase aéreo.	59
4.2.7. Cámara de carga.....	60
4.2.8. Línea de conducción.	61
4.2.9. Reservorio.....	62
4.2.10. Línea de aducción y redes de distribución.	63
4.2.11. Cámaras rompe presión.....	63
4.2.12. Conexiones domiciliarias.....	64
4.3 Estimar el caudal de funcionamiento.....	65
4.3.1. Volúmenes de almacenamiento de las estructuras:	65
4.3.2. Descripción del servicio.....	68
4.3.3. Aforos:	71
4.3.4. Caudales de consumo y coeficientes de variación: San Pedro.	77
4.3.3. Caudales de consumo y coeficientes de variación: Chames.	93
4.4 Evaluación estructural del sistema de agua de consumo humano.	105
4.5 Evaluar hidráulicamente el sistema de agua de consumo humano.	106
4.5.1 Evaluación de la línea de impulsión:.....	106

4.5.2	Evaluación de la línea de conducción.	113
4.5.3.	Evaluación de las líneas de aducción:.....	117
4.5.4.	Evaluación de la red de distribución.	119
4.6	Evaluar la operación y mantenimiento del sistema de agua de consumo humano. 131	
4.6.1.	Operación y mantenimiento del sistema eléctrico.	131
4.6.2.	Operación y mantenimiento de bombas.....	133
4.6.3.	Uso, operación, mantenimiento y vigilancia del agua:	134
4.7	Proponer alternativas de solución.	138
4.7.1.	Alternativa 1: Gestionar la creación de un programa de operación y mantenimiento.	138
4.7.2.	Alternativa 2: Corrección hidráulica del sistema de distribución.	138
4.7.3.	Alternativa 3: Aseguramiento sanitario y sostenibilidad institucional.....	139
4.8	Discusión	140
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		144
5.1.	Conclusiones.	144
5.2.	Recomendaciones.	146
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		147
ANEXOS.....		152

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01: <i>Valores del coeficiente C de Hazen –Williams para distintos materiales</i>	22
Tabla 2. <i>Dotación de agua según opción tecnológica y región. (lt/hab/día)</i>	24
Tabla 3. <i>Tabla de coeficientes de pérdidas en accesorios de acuerdo al diámetro.</i>	24
Tabla 4. <i>Operacionalización de las variables</i>	40
Tabla 5. <i>Matriz de consistencia</i>	41
Tabla 6. <i>Cálculos de áreas en secciones medidas del manantial “Los Tres Riitos”</i>	72
Tabla 7. <i>Tiempos que recorre el flotador</i>	73
Tabla 8. <i>Calculo de caudal que ingresa a la estación 01</i>	74
Tabla 9. <i>Aforo del caudal de ingreso estación 02</i>	75
Tabla 10. <i>Aforo del caudal de ingreso a estación 03</i>	75
Tabla 11. <i>Aforo del caudal de ingreso a cámara de carga.</i>	75
Tabla 12. <i>Aforo del caudal de ingreso en el reservorio de Chames</i>	76
Tabla 13. <i>Aforo del caudal de ingreso en reservorio de San Pedro</i>	77
Tabla 14. <i>Tiempo de bombeo de la estación 03 a la cámara de carga para San Pedro</i>	79
Tabla 15. <i>Tirante sobrante en los días de consumo</i>	80
Tabla 16. <i>Registro de consumo de volúmenes por día</i>	81
Tabla 17. <i>Consumo semanal San Pedro</i>	83
Tabla 18. <i>Dotación</i>	83
Tabla 19. <i>Caudal medio y caudal máximo diario</i>	84
Tabla 20. <i>Escenario ejemplo del cálculo de volumen (29 agosto)</i>	86
Tabla 21. <i>Escenario ejemplo del cálculo de volumen (30 de agosto)</i>	86
Tabla 22. <i>Escenario ejemplo del cálculo de volumen (05 agosto)</i>	86
Tabla 23. <i>Escenario ejemplo del cálculo de volumen (06 de setiembre)</i>	87
Tabla 24. <i>Escenario ejemplo del cálculo de volumen (12 de setiembre)</i>	87
Tabla 25. <i>Escenario ejemplo del cálculo de volumen (13 de setiembre)</i>	88
Tabla 26. <i>Escenario ejemplo del cálculo de volumen (19 de setiembre)</i>	88
Tabla 27. <i>Escenario ejemplo del cálculo de volumen (20 de setiembre)</i>	89
Tabla 28. <i>Cálculo del coeficiente K2</i>	89
Tabla 29. <i>Volumen de equilibrio</i>	90
Tabla 30. <i>Consumo horario para el día de mayor consumo</i>	91
Tabla 31. <i>Tiempos de bombeo de la estación 03 a la cámara de carga para Chames</i>	93
Tabla 32. <i>Registro de consumo de volúmenes por día Chames</i>	95

Tabla 33. <i>Consumo semana Chames</i>	97
Tabla 34. <i>Dotación chames</i>	97
Tabla 35. <i>Caudal medio y máximo diario</i>	98
Tabla 36. <i>Escenario ejemplo del cálculo de volumen (1 de setiembre)</i>	99
Tabla 37. <i>Escenario ejemplo del cálculo de volumen (2 de setiembre)</i>	99
Tabla 38. <i>Escenario ejemplo del cálculo de volumen (8 de setiembre)</i>	99
Tabla 39. <i>Escenario ejemplo del cálculo de volumen (9 de setiembre)</i>	100
Tabla 40. <i>Escenario ejemplo del cálculo de volumen (15 de setiembre)</i>	100
Tabla 41. <i>Escenario ejemplo del cálculo de volumen (16 de setiembre)</i>	100
Tabla 43. <i>Escenario ejemplo del cálculo de volumen (23 de setiembre)</i>	101
Tabla 44. <i>Calculo de coeficiente k_2</i>	101
Tabla 45. <i>Volumen de equilibrio o regulación</i>	102
Tabla 46. <i>Consumo horario para el día de mayor consumo</i>	103
Tabla 47. <i>Cuadro comparativo de ensayo de resistencia a la comprensión y especificaciones técnicas.</i>	106
Tabla 48. <i>Caudal medio para el día de máximo consumo del sistema San Pedro</i>	113
Tabla 49. <i>Caudal medio para el día de máximo consumo del sistema Chames</i>	115
Tabla 50. <i>Caudal máximo horario para los días de uso del sistema San Pedro.</i>	117
Tabla 51. <i>Caudal máximo horario para los días de uso del sistema Chames</i>	118
Tabla 52. <i>Reporte de nodos San Pedro</i>	119
Tabla 53. <i>Presiones de campo San Pedro</i>	123
Tabla 54. <i>Reporte de nodos Chames</i>	125
Tabla 55. <i>Presiones de campo Chames</i>	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Bomba centrífuga</i>	12
Figura 2. <i>Bomba Sumergible Tipo Lápiz</i>	13
Figura 3. <i>Bomba de turbina vertical</i>	14
Figura 4. <i>Bomba autocebante</i>	14
Figura 5. <i>Bomba multietapa</i>	15
Figura 6. <i>Ejemplo de curva de la Bomba</i>	21
Figura 7. <i>Ejemplo de válvula de aire</i>	25
Figura 8. <i>Martillo Schmidt</i>	28
Figura 9. <i>Localización regional</i>	33
Figura 10. <i>Localización provincial</i>	34
Figura 11. <i>Localización Distrital</i>	34
Figura 12. <i>Vista panorámica de la comunidad de San Pedro</i>	35
Figura 13. <i>Predominancia de cultivo de papa y crianza de ganado vacuno en las comunidades de Chames y San Pedro.</i>	37
Figura 14. <i>Esquema del sistema de agua de Chames y San Pedro</i>	49
Figura 15. <i>Captación con mini barraje del manantial “Los Tres Riitos”</i>	50
Figura 16. <i>Plano de la captacion</i>	51
Figura 17. <i>Conducción por gravedad: Captación – Estación de bombeo 01</i>	52
Figura 18. <i>Estructura típica de las estaciones de bombeo</i>	53
Figura 19. <i>Tubería de limpieza</i>	54
Figura 20. <i>Tubería de reboce</i>	55
Figura 21. <i>Estación de bombeo 02</i>	55
Figura 22. <i>Estación de bombeo 03</i>	56
Figura 23. <i>Componente hidráulico del sistema de bombeo.</i>	56
Figura 24. <i>Electro niveles que activan al apagado y encendido de las bombas</i>	57
Figura 25. <i>Tableros electricos del sistema de bombeo</i>	57
Figura 26. <i>Cerco perimétrico con alambre de púas en estación de bombeo 01</i>	58
Figura 27. <i>Válvula de aire en línea de impulsión</i>	59
Figura 28. <i>Pase aéreo en línea de impulsión</i>	59
Figura 29. <i>Cámara de carga</i>	60
Figura 30. <i>Tapa de ingreso a la Cámara húmeda en camara de carga</i>	61
Figura 31. <i>Válvulas de purga contiguas en las 2 líneas de conducción</i>	61

Figura 32. <i>Válvula de purga</i>	62
Figura 33. <i>Reservorio típico con sus componentes</i>	63
Figura 34. <i>Cámara rompe presión tipo VII</i>	64
Figura 35. <i>Modulo UBS típico</i>	64
Figura 36. <i>Estación de bombeo 01 permanece siempre llena.</i>	65
Figura 37. <i>Estación 02 completamente llena</i>	66
Figura 38. <i>Bombeo continuo en estación 03</i>	66
Figura 39. <i>Bombeo continuo en cámara de carga</i>	67
Figura 40. <i>Llenado de reservorio de Chames</i>	68
Figura 41. <i>Almacenamiento de agua en la comunidad de San Pedro. Las familias tienen al menos un tanque y algunas tienen 2 con los cuales se abastecen de agua para toda la semana.</i>	69
Figura 42. <i>Almacenamiento de agua en cisterna y tanque en la comunidad de Chames.</i> ..	69
Figura 43. <i>Bombas sumergibles de 20 HP. Estación 02</i>	70
Figura 44. <i>Esquema de las secciones medidas en el manantial “Los Tres Riitos”</i>	71
Figura 45. <i>Aforo de manantial “Los Tres Ritos”: Medición de profundidades.</i>	73
Figura 46. <i>Aforo de manantial “Los Tres Ritos”: Determinación de velocidad con flotador.</i>	73
Figura 47. <i>Aforo del caudal que ingresa a la estación 01.</i>	74
Figura 48. <i>Aforo caudal de ingreso reservorio chames.</i>	76
Figura 49. <i>Medición de desniveles en días de consumo en reservorio</i>	85
Figura 50. <i>Hidrograma de consumo Horario (%)</i>	91
Figura 51. <i>Curva de consumo para bombeo San Pedro</i>	92
Figura 52. <i>Hidrograma de consumo horario chames (%)</i>	103
Figura 53.....	104
<i>Curva de consumo para bombeo actual Chames</i>	104
Figura 54. <i>Ensayo de esclerometría en muro de treses estructuras: reservorio de Chames, reservorio de San Pedro y tercera estación de bombeo.</i>	105
Figura 55. <i>cotas de ingreso y salida en estaciones y cámara de carga</i>	107
Figura 56. <i>Nanómetro 01 de la estación 01</i>	108
Figura 57. <i>Nanómetro 2 de la estación 02.</i>	110
Figura 58. <i>Nanómetro 3 de la estación 03</i>	112
Figura 59. <i>Diagrama de conducción de la cámara hasta el reservorio de Chames</i>	114
Figura 60. <i>Diagrama de conducción Chames</i>	116

Figura 61. <i>Medición de presiones mínimas y máximas con nanómetro en campo: San Pedro.</i>	124
Figura 62. <i>Medición de presiones mínimas y máximas con nanómetro en campo: Chames</i>	130
Figura 63. <i>Reposición de contactores malogrados en estacion 01 por parte del técnico.</i>	132
Figura 64. <i>Quema de fusibles de alta tensión.</i>	132
Figura 65. <i>Presencia de sedimentos y oxido en la estación 02</i>	133
Figura 66. <i>Componentes de bombas sumergibles.</i>	134
Figura 67. <i>Faena de limpieza anual en estaciones.</i>	136
Figura 68. <i>Falta de mantenimiento y limpieza en estación 02.</i>	137
Figura 69. <i>Acumulación de basura en rejilla de captación.</i>	137
Figura 70. <i>Válvula de ingreso en mal estado reservorio Chames.</i>	137
Figura 71. <i>Obsolescencia crítica de los sistemas de seguridad física en las casetas de bombeo, cámaras de carga y reservorios</i>	172
Figura 72. <i>Almacenamiento de agua en las comunidades de Chames y San Pedro</i>	172
Figura 73. <i>Evidencia de falta de mantenimiento e el sistema.</i>	173
Figura 74. <i>Tuberia de conduccion de Chames expuesta en camino de herradura.</i>	175
Figura 75. <i>Vigilantes de agua en su rutina en el día de servicio.</i>	176
Figura 76. <i>Medición de presiones en las comunidades de Chames y San Pedro con uso de nanómetro</i>	176
Figura 77. <i>Ensayo de esclerometría en los reservorios de San pedro, Chames, y estación N 03.</i>	177
Figura 78. <i>Tanque de cloración y equipo de goteo inutilizado en el sistema</i>	178

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Caudal medio	18
Ecuación_2. Caudal Máximo diario	19
Ecuación_3. Caudal Máximo horario	19
Ecuación_4. Ecuación del Método Volumétrico	20
Ecuación_5. Ecuación de continuidad.....	20
Ecuación 6. Ecuación de Hazen-Williams.....	21
Ecuación 7. Perdidas de cargas locales	22
Ecuación 8. Altura dinamica total.....	23
Ecuación 9. Diametro de la linea de impulsión.....	23

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Reporte de velocidades de tuberías San Pedro	152
Anexo 2. Reporte de velocidades de tuberías Chames.....	157
Anexo 3. Reporte de válvulas rompe presión San Pedro:	162
Anexo 4. Reporte de válvulas rompe presión Chames.....	163
Anexo 5. Encuesta realizada a la JASS y a la población respecto a su sistema de agua, y su operación y mantenimiento (la encuesta ha sido realizada a 15 personas de cada comunidad)	164
Anexo 6. Resultado de análisis físico químico del manantial “Los Tres Riitos”.....	165
Anexo 7. Resultado de análisis bacteriológico del manantial “Los Tres Riitos”.....	166
Anexo 8. Certificado de Esclerometría.	167
Anexo 9. Panel fotográfico del sistema.	172
Anexo 10. Ficha técnica de tubería para agua fría.	179
Anexo 11. Red de distribución San Pedro	184
Anexo 12. Red de distribución	185

RESUMEN

La presente investigación tuvo el objetivo evaluar el estado actual del sistema de agua de consumo humano en las comunidades rurales de Chames y San Pedro del distrito de Conchán provincia de Chota y departamento de Cajamarca. La investigación fue aplicada y descriptiva con diseño no experimental y transversal usando el método científico para el análisis y la formulación de alternativas de solución. El sistema finalizado en año 2022, abastece a las comunidades mediante un sistema de bombeo conformado por una captación de ladera (“Los Tres Riitos”), 3 estaciones de bombeo (bombas de 15 y 20 HP), una cámara de reunión, dos líneas de conducción, dos reservorios y sus respectivas líneas de aducción y distribución independiente. Esta investigación consistió en caracterizar las comunidades, describir cada uno de los componentes del sistema, estimar los caudales de funcionamiento, evaluar estructural e hidráulicamente, evaluar la operación y mantenimiento, realización de análisis físico-químico del agua y proponer alternativas de solución. Los resultados revelan un uso intermitente del servicio (dos días por semana por comunidad), y no cuenta con micro medición y al realizar los aforos se obtuvieron los siguientes resultados: Q_p 0.264 lt/s, Q_{md} = 0.27 lt/s, Q_{mh} = 0.50 lt/s, dotación = 53.1 lt/hab/día para la comunidad de San Pedro y Q_p 0.168 lt/s, Q_{md} = 0.17 lt/s, Q_{mh} = 0.23 lt/s, dotación = 61.1 lt/hab/día para Chames; del manantial se obtuvo 652.4 lt/s. El sistema que beneficia a 186 familias (96 para San Pedro y 90 Chames), carece de mantenimiento y cloración, siendo esta última indispensable según los análisis de laboratorio; estructuralmente los ensayos de esclerometría indican un buen estado de las unidades siendo la resistencia aproximada a las especificadas; sin embargo, en la evaluación hidráulica se obtuvieron presiones: 104.36 m.c.a. y 74.92 m.c.a en Chames y San Pedro que sobrepasan los 60 m.c.a. excediendo límites normativos del MVCS 2018, además se hizo una comparación con las mediciones hechas en campo mediante uso de nanómetro corroborando estas falencias. En conclusión, aunque el sistema es funcional, requiere reajustes operativos y técnicos para optimizar su rendimiento, mitigar el exceso de presiones y garantizar su sostenibilidad a largo plazo.

Palabras clave: Evaluación hidráulica, sistema de agua de consumo humano, comunidades rurales, WaterCAD, sostenibilidad.

ABSTRACT

This research aimed to evaluate the current state of the drinking water system in the rural communities of Chames and San Pedro, in the district of Conchán, province of Chota, department of Cajamarca. The applied and descriptive research employed a non-experimental, cross-sectional design, utilizing the scientific method for analysis and the formulation of alternative solutions. The system, completed in 2022, supplies the communities through a pumping system comprised of a hillside intake (“Los Tres Riitos”), three pumping stations (with 15 and 20 HP pumps), a collection chamber, two transmission lines, two reservoirs, and their respective independent supply and distribution lines. This research involved characterizing the communities, describing each component of the system, estimating operating flow rates, conducting structural and hydraulic evaluations, assessing operation and maintenance, performing physicochemical analyses of the water, and proposing alternative solutions. The results reveal intermittent use of the service (two days per week per community), and it lacks micro-metering. Flow measurements yielded the following results: Q_p 0.264 L/s, $Q_{md} = 0.27$ L/s, $Q_{mh} = 0.50$ L/s, allocation = 53.1 L/person/day for the community of San Pedro; and Q_p 0.168 L/s, $Q_{md} = 0.17$ L/s, $Q_{mh} = 0.23$ L/s, allocation = 61.1 L/person/day for Chames. A flow rate of 652.4 L/s was obtained from the spring. The system, which benefits 186 families (96 in San Pedro and 90 in Chames), lacks maintenance and chlorination, the latter being essential according to laboratory analyses. Structurally, sclerometric tests indicate the units are in good condition, with resistance approximately as specified. However, the hydraulic evaluation yielded pressures of 104.36 and 74.92 meters of water column (m.w.c.) in Chames and San Pedro, respectively, exceeding the 60 m.w.c. limit established by the 2018 Ministry of Housing, Construction and Sanitation (MVCS). Furthermore, a comparison with field measurements taken using a nanometer confirmed these deficiencies. In conclusion, although the system is functional, it requires operational and technical adjustments to optimize its performance, mitigate excessive pressure, and ensure its long-term sustainability.

Keywords: Hydraulic evaluation, drinking water system, rural communities, WaterCAD, sustainability.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del Problema

Aproximadamente 2200 millones de personas en el mundo carecen de acceso a agua potable en sus hogares, y 4200 millones no cuentan con un saneamiento seguro. Aunque 2100 millones de personas han accedido a servicios de saneamiento básico desde el 2000, en muchos lugares los desechos no se gestionan adecuadamente. Además, 2000 millones de personas aún carecen de saneamiento básico, con la mayoría en zonas rurales y países menos desarrollados (Quispe 2019).

En Perú, el acceso al agua potable es insuficiente, afectando a más de 3.5 millones de personas que carecen de este servicio en sus hogares. Aunque el 90.8% de los hogares tiene acceso a agua potable y el 74.8% a saneamiento por red pública, la situación es especialmente grave en Cajamarca. En esta región, muchas personas, sobre todo en asentamientos humanos, enfrentan una falta considerable de agua potable y servicios de saneamiento básicos (Monteza, 2024).

La región de Cajamarca se ve afectada por el cambio climático el cual ha reducido significativamente el caudal de sus principales afluentes, afectando tanto al sector agrícola como al abastecimiento de agua potable para la población (LR Norte, 2023).

El estudio de Vásquez (2023), que está enfocado en medir la capacidad económica de la población del distrito de Conchán para la preservación del recurso hídrico, revela que aproximadamente el 50.61% de los usuarios reporta contar con suministro de agua las 24 horas del día, mientras que el 30.49% solo dispone de agua durante 12 horas, y un 18.9% cuenta con acceso limitado de apenas 6 horas diaria.

La percepción ambiental del sistema de abastecimiento en Conchán es predominantemente negativa, ya que solo el 18.9% de los usuarios califica el manejo del recurso hídrico como "bueno", mientras que un 43.9% lo considera "regular" y un 37.2% lo ve como "malo" esto refleja una gestión ambiental percibida como deficiente (Vásquez 2023).

Finalmente, se determinó la necesidad de evaluar el sistema de agua en Chames y San Pedro para determinar su desempeño actual e identificar deficiencias. El objetivo es proponer mejoras y acciones correctivas que garanticen los estándares de servicio y protejan la salud pública. Actualmente, el consumo de agua sin tratamiento ha derivado en un

aumento de patologías gastrointestinales, parasitosis e infecciones respiratorias. Esta situación se agrava por los altos índices de desnutrición infantil, que incrementan la vulnerabilidad de los menores; según la DIRESA, el 80% de los niños de la zona padece parasitosis a causa de la mala calidad del agua."

La población se encuentra en situación de extrema pobreza, según criterios del INEI. Esta condición socioeconómica limita su capacidad para operar y mantener adecuadamente el sistema de agua. Actualmente, los niveles de salubridad e higiene son críticos debido a la falta de gestión técnica, lo que hace indispensable realizar una evaluación que identifique deficiencias y comprometa a entidades públicas y privadas en la búsqueda de soluciones.

La propuesta se enfoca en optimizar la infraestructura, la operación y el mantenimiento del sistema de agua con el objetivo de garantizar un suministro continuo que preserve tanto la calidad como el caudal de agua disponible.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es el estado actual del sistema de agua de consumo humano para gestionar la demanda de la población en las comunidades de Chames y San Pedro distrito de Conchán – Chota - Cajamarca?

1.3 Justificación de la investigación

El abastecimiento y la calidad del agua son fundamentales para satisfacer las necesidades básicas y prevenir enfermedades infecciosas que pueden tener consecuencias mortales. Ante las evidentes restricciones en el suministro de agua potable, especialmente en sectores periféricos de la ciudad de Chota durante épocas de lluvia y de estiaje, surge la preocupación de identificar los factores que influyen en esta problemática que afecta significativamente a la población (Bautista & Díaz Montenegro, 2024; Chávez , 2023).

La optimización de la infraestructura, incluyendo mejoras en la captación, líneas de conducción y reservorios, no solo aumenta la disponibilidad de agua, sino que también mejora las condiciones sanitarias de la población, reduciendo enfermedades y mejorando la calidad de vida (Granda Escudero, 2020).

Esta investigación es fundamental para identificar deficiencias tanto en infraestructura, operación y mantenimiento, controles sanitarios, y otras carencias en el sistema de abastecimiento de agua en las comunidades de Chames y San Pedro del distrito de Conchán, y proponer mejoras viables, brindando información clave para considerar

soluciones efectivas. Además, ofrecer una guía útil para que otras comunidades puedan evaluar y mejorar su sistema de agua de consumo humano.

1.4 Alcances o delimitación de la investigación

La presente investigación se delimitó al estudio y análisis del sistema de abastecimiento de agua de consumo humano en dos comunidades de Conchán, provincia de Chota, Cajamarca. El trabajo se limita a gestionar la demanda del sistema de abastecimiento, incluyendo aspectos técnicos y operativos.

- Delimitación espacial: La investigación se desarrolló en las comunidades de Chames y San Pedro del distrito de Conchán, ubicado en la provincia de Chota, región Cajamarca.
- Delimitación universal: La población involucrada del sistema de abastecimiento de agua en las comunidades de Chames y San Pedro del distrito de Conchán, quienes serán los beneficiarios directos de las propuestas de solución.
- Delimitación temporal: La investigación se desarrolló durante el período de estiaje comprendido en el cronograma de investigación, tiempo en el cual se realizó el acopio de información, mediciones de campo, simulaciones hidráulicas y análisis de los resultados obtenidos.

1.5 Objetivos

Objetivo general

Evaluar el sistema de abastecimiento de agua de consumo humano en las comunidades de Chames y San Pedro en Conchán, Chota, Cajamarca-2025 y proponer alternativas de gestión.

Objetivos específicos

- Caracterizar las comunidades de Chames y San Pedro.
- Identificar y describir los componentes estructurales y funcionales del sistema de agua de consumo humano, detallando su funcionamiento y desempeño actual.
- Estimar los caudales de funcionamiento requerido para las comunidades, aplicando parámetros técnicos de consumo por habitante y coeficientes de variación.

- Realizar una evaluación estructural no destructiva de los componentes clave del sistema de agua.
- Evaluar el comportamiento hidráulico del sistema de agua para verificar parámetros normativos.
- Evaluar la operación y mantenimiento del sistema de agua de consumo humano.
- Proponer alternativas de solución.

1.6 Descripción del contenido de los capítulos

En el capítulo I, se desarrolló una sección introductoria que contiene la definición del problema de investigación, los argumentos que justifican la relevancia del estudio, la determinación de los límites y alcances de la investigación, el reconocimiento de las restricciones metodológicas, la formulación de objetivos generales y específicos, y una breve descripción organizativa de los capítulos subsiguientes.

El capítulo II constituyó el fundamento conceptual mediante un marco teórico que explora investigaciones previas a nivel internacional, examina estudios relevantes del contexto nacional, revisa trabajos específicos de ámbito local, establece las bases teóricas fundamentales que sustentan el análisis del sistema hídrico, y clarifica la terminología especializada empleada a lo largo del documento para facilitar su comprensión.

El capítulo III detalla la metodología investigativa describiendo el contexto geográfico específico donde se realiza el estudio, establece la hipótesis de trabajo, la identificación de variables de estudio, el marco temporal de ejecución de la investigación, enumera los dispositivos técnicos, materiales y equipamiento utilizados en la recolección de datos, explica los procedimientos técnicos aplicados, define la aproximación metodológica adoptada, caracteriza la población objeto de estudio, establece los criterios de muestreo, determina las unidades básicas de análisis, especifica las herramientas y técnicas empleadas para recopilar información, y describe los métodos estadísticos aplicados para el procesamiento de datos.

El capítulo IV presenta una exposición sistemática de los hallazgos obtenidos seguida de su interpretación crítica en relación con la literatura existente, y evalúa la validez de las hipótesis iniciales mediante la aplicación de pruebas estadísticas apropiadas que permiten confirmar o rechazar los planteamientos iniciales.

El capítulo V sintetizo los principales descubrimientos de la investigación vinculándolos directamente con los objetivos planteados inicialmente, propone acciones concretas para futuros estudios o intervenciones en sistemas similares, documenta exhaustivamente las fuentes consultadas mediante un listado bibliográfico estructurado, y complementa el trabajo con material adicional relevante que incluye datos técnicos, fotografías y otros elementos que enriquecen la comprensión global del estudio.

CAPITULO II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes teóricos

2.1.1. Antecedentes internacionales

Vizuite (2024), en su investigación titulada “Optimización del sistema de abastecimiento de agua potable del barrio La Calera, Cantón Latacunga, Ecuador”, se planteó como objetivo analizar y rediseñar la red de distribución de agua potable para mejorar problemas de presión y fugas en el sistema existente. Esta investigación, de carácter descriptivo con enfoque cuantitativo y diseño no experimental, evaluó detalladamente la infraestructura actual del sistema, incluyendo la planta de tratamiento, las tuberías y las condiciones de presión en varios puntos del barrio. Los resultados indicaron presiones muy bajas, entre 2.02 y 6.46 m.c.a, valores inferiores al mínimo normativo de 10 m.c.a, y velocidades de flujo por debajo del estándar de 0.3 m/s. La investigación concluyó que las tuberías, con 40 años de antigüedad, presentaban serios problemas de rendimiento. Para resolver estas deficiencias, se propuso un rediseño de la red, dividiéndola en dos subsistemas independientes abastecidos por un nuevo tanque de almacenamiento de 460.46 m³, complementado con el tanque existente de 196.99 m³. Estas intervenciones permitirían optimizar el suministro en cada sector, mejorando las presiones y reduciendo las fugas, lo cual beneficiaría directamente a los habitantes del barrio La Calera, garantizando un suministro de agua potable más continuo y seguro.

Howard (2020). “Cantidad de agua doméstica, nivel de servicio y salud”, segunda edición. Organización Mundial de la Salud. El informe de Howard (2020) analiza la relación entre la cantidad de agua disponible en el hogar, el nivel de servicio de agua y su impacto en la salud. Utilizando una metodología descriptiva basada en una revisión de datos existentes, se concluye que la cantidad y calidad del agua doméstica afecta directamente la salud, con diferencias significativas según la región y las políticas de infraestructura. Mejorar el acceso al agua potable y garantizar un servicio adecuado es fundamental para mejorar la salud pública y reducir enfermedades.

Nganyanyuka (2022) en su investigación “Acceso a los servicios de agua en comunidades rurales”: Una evaluación de diferentes modelos de gobernanza del agua tiene como objetivo evaluar los diferentes modelos de gobernanza del agua en las comunidades rurales, con énfasis en cómo el Ministerio de Agua de Tanzania ha implementado tecnologías informáticas, financieras y administrativas para mejorar la gestión y visualización del estado

de los puntos de agua rurales. Esta infraestructura de información tiene como fin permitir al ministerio "ver" el estado funcional de todos los puntos de agua y así poder planificar y presupuestar adecuadamente para su reparación y mantenimiento. El análisis se realizó a partir de datos cualitativos recolectados durante cuatro años, en el marco de un programa de investigación interdisciplinario financiado por la Organización Holandesa para la Investigación Científica—Ciencia para el Desarrollo Global (NWO-Wotro). A diferencia de otros estudios que se enfocan en cómo evoluciona la infraestructura de información con el tiempo, este trabajo profundiza en lo que esta evolución revela sobre la gobernanza del agua en las zonas rurales. Los resultados del estudio muestran que, a pesar de los avances tecnológicos, persisten tensiones entre los procesos formales e informales en la gobernanza del agua, lo que afecta negativamente los servicios de agua en las comunidades rurales. Estas tensiones dificultan la efectividad de las políticas y tecnologías implementadas, lo que demuestra que, aunque los avances en infraestructura de información son prometedores, no resuelven completamente los desafíos en la gestión del agua rural en Tanzania.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Ramos (2021), en su investigación titulada “Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable para su incidencia en la condición sanitaria de la población del caserío Huanca, distrito de Cáceres del Perú, provincia de Santa, región Áncash”, tuvo como objetivo evaluar y mejorar el sistema de agua potable en dicha localidad. Esta investigación descriptiva correlacional utilizó una metodología cuantitativa y cualitativa no experimental y transversal para analizar los componentes del sistema, como la captación, conducción, reservorio y red de distribución. Los resultados mostraron que la captación, con 40 años de antigüedad, presentaba caudal insuficiente y carecía de cerco perimétrico y cámaras de seguridad. La tubería de conducción de PVC clase 7.5, de 1,067 metros, estaba expuesta y era inadecuada, mientras que el reservorio de 10 m³ no contaba con sistema de cloración y tenía problemas de presión en los puntos de distribución. Se propusieron mejoras como la ampliación del reservorio, un sistema de cloración, tuberías de PVC clase 10 y válvulas de aire para optimizar la red de distribución, beneficiando a 55 viviendas. Estas intervenciones mejorarían la calidad y continuidad del suministro, impactando positivamente en la salud de los habitantes del caserío Huanca.

Canchari (2020), en su investigación titulada “Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad nativa San Pascual, distrito y provincia de Satipo, región Junín, para la mejora de la condición sanitaria de la población”,

tuvo como objetivo evaluar y optimizar el sistema de agua potable en dicha comunidad. Esta investigación correlacional y transversal, cuantitativo y diseño no experimental, encontró que el sistema estaba en un estado regular, con infraestructura defectuosa y una calidad de servicio que afectaba la condición sanitaria de la población. Entre las deficiencias detectadas, se destacaron el deterioro de la captación, la línea de conducción de 250 metros y la falta de un sistema de cloración adecuado. La propuesta de mejoramiento incluyó la rehabilitación de la captación para abastecer a una población proyectada de 350 habitantes hasta 2040, la instalación de un sistema de cámaras rompe presión tipo 6, la adición de una caja de válvulas en el reservorio y la mejora de 92 metros de tubería en la red de distribución debido que con esas intervenciones mejorarían significativamente la condición sanitaria de los habitantes, garantizando un suministro de agua más seguro y continuo.

Quispe (2019), en su investigación titulada “Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío de Asay, distrito Huacrachuco, provincia Marañón, región Huánuco y su incidencia en la condición sanitaria de la población”, tuvo como objetivo evaluar el estado del sistema de agua potable en dicha localidad y proponer mejoras para optimizar su funcionamiento y reducir problemas de salud asociados. La investigación, de tipo correlacional y transversal con diseño descriptivo no experimental, identificó que el sistema se encontraba en condiciones entre malas y regulares. Entre las principales deficiencias se destacaron el estado de la infraestructura y el abastecimiento insuficiente. Como parte de la propuesta de mejora, se planteó la construcción de una nueva captación en ladera, una línea de conducción de 327 metros, la implementación de cámaras rompe presión y la instalación de un sistema de distribución adecuado para cubrir las necesidades de la población proyectada hasta el año 2039 mejorando significativamente la condición sanitaria y reduciendo la incidencia de enfermedades relacionadas con la calidad del agua.

Jacinto (2023). en su investigación titulada “Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable, para su incidencia en la condición sanitaria de la población del sector Cashaucro, localidad de Chaná, distrito de San Pedro de Chaná, provincia Huari, departamento Áncash – 2023”. En esta investigación, el autor tuvo como objetivo general evaluar y mejorar el sistema de abastecimiento de agua potable con el fin de mejorar la condición sanitaria de la población del sector Cashaucro, en la localidad de Chaná, distrito de San Pedro de Chaná, provincia de Huari, departamento de Áncash. La investigación identificó varias deficiencias en el sistema de abastecimiento de agua potable,

lo que motivó la propuesta de mejoras para impactar positivamente en la salud de los habitantes. La metodología utilizada fue de tipo aplicada, con un enfoque descriptivo y un diseño no experimental. Para la recolección de datos, se emplearon fichas técnicas y encuestas. Los resultados obtenidos incluyen la información sobre dos captaciones tipo ladera, una línea de conducción de 5079.83 metros lineales, con seis CRP T6 y Tubo Rompe Carga, una cámara de reunión de 0.58 m³, un reservorio circular de 25 m³ y una línea de aducción de 147.44 metros lineales. Además, la red de distribución está compuesta por dos tramos y 55 conexiones domiciliarias, la mayoría de ellas en buen estado. En conclusión, se determinó que era necesario proponer mejoras en todos los componentes del sistema de abastecimiento de agua potable para garantizar una mejor calidad de vida para la población.

2.1.3. Antecedentes regionales

Chávez (2023), en su investigación titulada “Evaluación del sistema de agua potable del caserío de Sambimera del distrito de Bellavista, provincia de Jaén, Cajamarca”, tuvo como objetivo analizar el funcionamiento del sistema de suministro de agua potable en dicha localidad. Este estudio, de tipo aplicado y nivel descriptivo, incluyó una evaluación hidráulica de los componentes del sistema, registrando caudales en el macromedidor del reservorio y obteniendo coeficientes de variación de consumo ($k_1=1.69$; $k_2=2.51$) y caudales de consumo ($Q_p=1.90$ L/s, $Q_{md}=3.21$ L/s, $Q_{mh}=4.76$ L/s). El reservorio, con una capacidad de 65 m³ y una resistencia de concreto entre 290 y 350 kg/cm² según el ensayo de esclerometría, mostró niveles de presión estática y dinámica (47.0 y 37.97 m.c.a, respectivamente) que cumplen los estándares del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Aunque el agua cumple los estándares de calidad para consumo humano, el estudio concluyó que el sistema presenta un funcionamiento hidráulico desfavorable debido al sobredimensionamiento del diámetro de las tuberías, lo cual genera velocidades de flujo menores a 0.6 m/s y afecta la eficiencia general del sistema.

Cieza (2021), en su investigación “Evaluación de los sistemas de agua potable de las localidades que conforman el centro poblado Chilimpampa Baja - Cajamarca 2018”, tiene como objetivo evaluar el estado de la infraestructura hidráulica, la operación y el mantenimiento, así como la gestión administrativa de los sistemas de agua potable en el centro poblado Chilimpampa Baja. La evaluación se centró en analizar hidráulicamente el funcionamiento de los componentes del sistema, como las captaciones, reservorios, cámaras rompe presión, línea de conducción y la red de distribución. Para ello, se coordinó con las

autoridades de la Junta Administrativa de Servicios de Saneamiento (JASS) para realizar los recorridos necesarios y obtener los datos requeridos. La metodología utilizada fue descriptiva, empleando herramientas como GPS, cámara fotográfica, manómetro, micromedidores, y un comparador de cloro y pH. Además, se utilizó el software Epanet 2.0 para evaluar las presiones de servicio en una muestra de viviendas de la red de distribución, instalando micromedidores en diez viviendas para registrar los datos de consumo durante cuatro días. Con la información obtenida, se calculó el coeficiente k_1 para el caudal medio diario, que resultó ser 1.622, y la dotación de agua potable para el sistema se estimó en 52.4 L/Hab/D. Estas cifras se usaron para modelar en Epanet la demanda de cada vivienda. Las presiones obtenidas tanto con el software Epanet como con el manómetro estuvieron dentro de los parámetros óptimos, con la mayor presión de 56.10 m.c.a. y la menor de 3.57 m.c.a. Los resultados también identificaron que el agua no se cloraba en el período adecuado y que no se encontró cloro residual durante las mediciones con el comparador DPD. El análisis físico-químico y bacteriológico reveló la presencia de coliformes, lo que confirma la falta de cloración adecuada. En cuanto a la gestión administrativa, aunque se mostró eficiente en la solución de necesidades relacionadas con el abastecimiento de agua, como el mantenimiento de válvulas en los reservorios y captaciones, se observó que se había descuidado la calidad del agua. En conclusión, aunque la infraestructura hidráulica y la operación del sistema de agua potable muestran un desempeño adecuado en términos de presión y caudal, se debe mejorar el proceso de cloración y la calidad del agua suministrada a la comunidad.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Sistema de abastecimiento de agua

Un sistema de abastecimiento de agua potable es un conjunto de obras destinadas a captar, conducir, tratar, almacenar y distribuir agua desde fuentes naturales, subterráneas o superficiales, hasta las viviendas de los usuarios beneficiados (Cigüeñas & Díaz 2024).

2.2.2. Tipos de sistema de abastecimiento

Sistema de agua potable por gravedad : Es un tipo de sistema en el que el agua fluye de manera natural desde una fuente ubicada a mayor altura hacia los usuarios en zonas más bajas, aprovechando la fuerza de la gravedad para su distribución (Ramos, 2021)..

Sistema de agua potable por bombeo : Este sistema emplea una bomba para trasladar el agua desde la captación a través de tuberías hasta un tanque elevado, desde donde se distribuye a los hogares mediante la red de distribución (Ramos, 2021).

2.2.3. Componentes de un sistema de abastecimiento de agua potable

2.2.3.1. Captación

Estructuras hidráulicas diseñadas para captar o recolectar agua mediante tuberías, canales u otros conductos, transportándola hasta un punto de almacenamiento desde donde se distribuirá a través de redes de agua (Ramos, 2021).

Partes de una captación se puede dividir en:

A. Protección del afloramiento

Esta parte consiste en un compartimiento sellado, construido con una losa de concreto que cubre toda el área adyacente al afloramiento para evitar el contacto con el ambiente exterior y prevenir la contaminación. Además, junto a la pared de la cámara se coloca material granular clasificado, cuyo objetivo es evitar el socavamiento del área adyacente y el acumulamiento de material en suspensión (Canchari , 2022).

B. Cámara húmeda

Esta cámara se destina a regular el gasto de agua que se utilizará. Contiene una canastilla de salida para conducir el agua requerida y un cono de rebose que permite eliminar el exceso de producción de la fuente (Canchari , 2022).

C. Cámara seca

Su función es proteger la válvula de control, garantizando su buen funcionamiento y evitando posibles obstrucciones o daños (Canchari , 2022).

2.2.3.2. Desarenador

Los desarenadores son estructuras hidráulicas esenciales que tienen la función de separar los materiales sólidos, principalmente arena y sedimentos, que están suspendidos en el agua que circula a través de un canal. Estos dispositivos operan mediante un proceso de sedimentación, en el cual los sólidos se depositan en el fondo debido a la reducción de la velocidad del flujo de agua, y luego se eliminan para prevenir obstrucciones en los sistemas de conducción y distribución. Los desarenadores son vitales para asegurar la calidad del

agua y el funcionamiento eficiente de los sistemas hidráulicos, especialmente en zonas donde el agua transporta grandes cantidades de sedimentos (Ramos, 2021).

2.2.3.3. Bombas

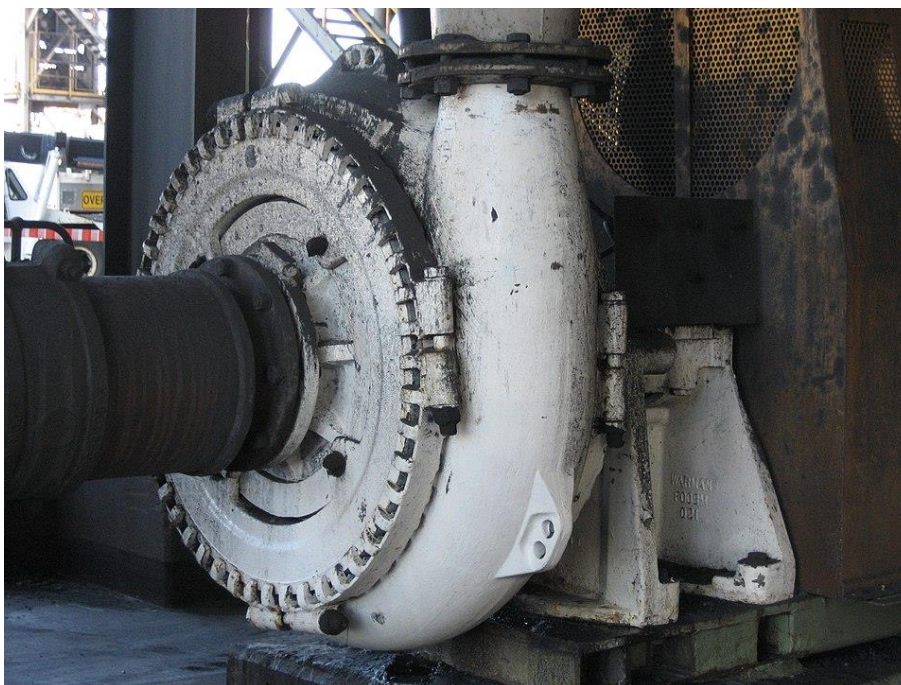
Una bomba de agua es un dispositivo utilizado para trasladar agua de un lugar a otro, permitiendo el movimiento de fluidos, siendo el agua el más común. Este equipo tiene diversas aplicaciones en diferentes sectores, entre las cuales se incluyen: la agricultura y jardinería, el suministro de agua potable, el drenaje de piscinas y pozos, la eliminación de aguas residuales, y el abastecimiento de calderas (Canchari, 2022).

Tipos de bombas:

A. Bomba centrífuga

Utiliza la fuerza centrífuga mediante un impulsor giratorio para desplazar el agua desde el centro hacia el exterior, creando presión y movimiento del fluido. En modelos de 15 HP, pueden manejar caudales de 100-250 GPM con presiones moderadas. Son versátiles para usos agrícolas, industriales y municipales. Funcionan mejor con líquidos de baja viscosidad y requieren estar cebadas para arrancar (Canchari, 2022)

Figura 1. Bomba centrífuga



Nota. Tomado de Agüero, 2021

B. Bomba sumergible

Diseñada para operar completamente bajo el agua, con motor herméticamente sellado. Empuja el agua hacia la superficie y es eficiente al eliminar problemas de cebado. Son silenciosas, tienen larga vida útil y eliminan problemas de cavitación. Se utilizan en pozos, minería, y sistemas de drenaje (Canchari, 2022)

Figura 2

Bomba Sumergible Tipo Lápiz



Nota. Tomado de Agüero, 2021

C. Bomba de turbina vertical

Consta de un motor en superficie que acciona impulsores sumergidos mediante un eje vertical largo, ideal para pozos profundos y grandes caudales. Con 15 HP pueden extraer agua hasta 800 pies de profundidad. Son altamente eficientes para operación continua, ofrecen excelente rendimiento hidráulico y son durables para aplicaciones municipales e industriales de gran escala (Canchari, 2022)

Figura 3.

Bomba de turbina vertical



Nota. Tomado de Canchari, 2022

D. Bomba autocebante

Incorpora una cámara que retiene agua para eliminar el aire del sistema, permitiendo arrancar sin necesidad de cebar manualmente la bomba. En configuraciones son ideales para instalaciones sobre el nivel del agua, como drenaje de construcciones, sistemas de irrigación, y transferencia de agua en industrias. Pueden manejar pequeñas cantidades de aire en el sistema (Canchari, 2022)

Figura 4

Bomba autocebante



Nota. Tomado de Canchari, 2022

E. Bomba multietapa

Incorpora varios impulsores en serie para incrementar la presión manteniendo el mismo caudal, adecuada para sistemas que requieren alta presión. Son óptimas para sistemas de presurización municipal, irrigación por aspersión, alimentación de calderas y aplicaciones mineras. Ofrecen mayor eficiencia energética que bombas de una etapa para aplicaciones de alta presión (Canchari, 2022)

Figura 5

Bomba multietapa



Nota. Tomado de Canchari, 2022

2.2.3.4. Tuberías

Las tuberías HDPE (High-Density Polyethylene o Polietileno de Alta Densidad) son conductos fabricados a partir de un polímero termoplástico producido mediante la polimerización del etileno, caracterizado por su estructura molecular de cadena lineal con mínimas ramificaciones, lo que le confiere alta densidad y resistencia mecánica superior. Estas tuberías conforman sistemas de conducción versátiles para el transporte de fluidos bajo presión, destacándose por su flexibilidad, resistencia química, durabilidad y facilidad de instalación en diversas aplicaciones hidráulicas, sanitarias e industriales (Plastics Pipe Institute, 2023)

Clases de tuberías y conexiones para agua fría con presión según NTP 399.00:2015/ NTP 399.019:2004:

- S-25: para el uso general en poblaciones y con tráfico normal.
- S-20: para uso en zonas donde el peso volumétrico del relleno sea igual o mayor a 2,000 kg/m³.

- S-16.5: para el uso donde el tráfico sea muy pesado e intenso, paso de carreteras, ejes viales, etc.
- S-16.5: Tubería está diseñada para soportar una presión interna de hasta 10 kg/cm²

2.2.3.5. Línea de conducción

El conjunto de tuberías encargadas de llevar el agua desde el punto de captación hasta el reservorio. En el caso de fuentes de agua superficial, a lo largo de su recorrido se incluyen la planta de tratamiento y otros componentes necesarios(Ramos, 2021).

2.2.3.6. Reservorio

Estructuras hidráulicas destinadas al almacenamiento de agua para consumo humano, riego y otros usos(Ramos, 2021).

La evaluación del tanque de almacenamiento implica revisar sus dimensiones y volúmenes actuales para compararlos con los requerimientos actuales del barrio. Es esencial verificar parámetros del sistema de abastecimiento, como el consumo máximo horario, basado en el consumo diario de la población, lo cual permite identificar patrones de consumo elevados y evaluar si el sistema cumple adecuadamente (Vizuite, 2024).

Para asegurar la funcionalidad del reservorio (Chávez , 2023) se deben considerar los siguientes aspectos:

- Inspección visual
- Nivel de agua
- Calidad del agua
- Limpieza y desinfección

El volumen de almacenamiento debe corresponder al 25% de la demanda diaria promedio anual (Q_p) en caso de que el suministro de agua de la fuente sea constante. Si el suministro es intermitente, la capacidad de almacenamiento debe ser al menos del 30% de (Q_p) (Chávez , 2023).

2.2.3.7. Línea de aducción

La línea de aducción, o línea de alimentación, conecta el reservorio con el inicio de la red de distribución. Su diseño se basa en el caudal máximo horario, utilizando parámetros similares a la línea de conducción, pero con un caudal reducido. El diámetro de sus tuberías depende de la presión requerida, manteniendo una velocidad de flujo entre 0.6 m/s y 3.0 m/s,

y se selecciona la clase y tipo de tubería adecuados para garantizar eficiencia y resistencia del sistema (Canchari , 2022; Ramos, 2021).

2.2.3.8. Tipos de redes de distribución y diseño

Según Aquirre (2015) los tipos de redes son dos para la distribución de agua potable:

- Redes ramificadas: También llamadas abiertas, se constituyen por tuberías con forma ramificada a partir de una tubería principal, se utiliza en poblaciones dispersas o semidispersas donde se caracterizan porque no se puede colocar redes malladas. Este tipo tiene ventaja económica, ya que cada nudo se abastece de una sola tubería, y tiene desventaja de seguridad porque un desperfecto en algún tramo afecta los demás.
- Redes malladas: También llamado sistema cerrado, tiene como objetivo que cualquier zona pueda ser distribuida simultáneamente por más de una tubería, lo que aumenta la confiabilidad de este abastecimiento. Su ventaja es que tiene seguridad operativa y su desventaja es que requiere mayor longitud de tuberías lo que aumenta el costo.

Componente del sistema encargado de llevar el agua hasta las conexiones domiciliarias, compuesto por tuberías de diferentes diámetros, así como válvulas y otros accesorios. Las redes se dividen en principales y secundarias. (Ramos, 2021).

Para el diseño de la red de distribución (Chávez, 2023) se deben considerar los siguientes aspectos:

- Caudal y Diámetros: La red debe diseñarse para el caudal máximo horario (Qmh), los diámetros mínimos en redes cerradas son de 25 mm (1”) y en redes abiertas, 20 mm (3/4”) para ramales.
- Conexiones y Accesorios: No se permiten accesorios en forma de cruz en los cruces de tuberías; deben usarse conexiones en T con el tramo recto de mayor diámetro. Los diámetros de los accesorios deben coincidir con los de las tuberías que unen.
- Ubicación de la Red: La red de abastecimiento debe estar a una cota superior sobre redes de aguas grises y en terrenos públicos o zonas no vulnerables.
- Velocidades de Flujo: La velocidad mínima debe ser de 0,60 m/s (con un mínimo absoluto de 0,30 m/s), mientras que la máxima permitida es de 3 m/s.

- Presiones de Servicio: La presión mínima en cualquier punto debe ser de 5 m.c.a y la presión estática máxima de 60 m.c.a.

2.2.3.9. Conexiones de servicio (domiciliaria)

Sistemas de agua potable para zonas rurales, las conexiones pueden ser piletas comunitarias ubicadas estratégicamente para reducir distancias o conexiones domiciliarias que terminan en una piletta dentro de la vivienda. El cálculo hidráulico de las redes depende de un plano topográfico y un plano catastral de la localidad, considerando el trazo de calles, ubicación de tuberías de distribución, puntos de alimentación, caudales por tramo y los diámetros de las tuberías (Canchari , 2022).

2.2.3.10. Incidencia de la condición sanitaria

Para asegurar una buena condición sanitaria en el suministro de agua potable, el sistema debe distribuir agua con suficiente cantidad y presión, con componentes en buen estado, incluyendo válvulas y cañerías. (Quispe, 2019).

2.2.4. Parámetros hidráulicos

▪ Población de diseño

La cifra de la población actual se obtiene a partir de los datos facilitados por los gobiernos locales, los cuales se relacionan con los censos y el recuento de viviendas, tomando en cuenta los criterios establecidos en el capítulo de información básica (Tacilla, 2022).

▪ Densidad poblacional

Es la proporción entre la población total y el número de viviendas habitadas por la población objeto de estudio (Tacilla , 2022).

▪ Caudal medio

Cantidad de agua requerida por un habitante en un día cualquiera del año de consumo promedio (Tacilla , 2022)

$$Q_m = \frac{Pd \times Dot}{86400} \quad (1)$$

Donde:

Qm: Caudal medio diario L/s.

Pd: Población de diseño en habitantes (hab).

Dot: Dotación en l/hab/día

86400: Segundos que tiene un día

▪ **Caudal máximo diario**

Se define como el día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días del año (Agüero, R. 1997)

El caudal máximo diario se refiere al mayor volumen diario necesario para cubrir las necesidades de una población durante un año de consumo (Tacilla, 2022)

Se debe considerar un valor de 1.3 del consumo promedio diario anual.

$$Q_{md} = k_1 \times Q_m \quad (2)$$

Donde:

Q_{md} : Caudal máximo diario L/s.

K_1 : Coeficiente de caudal máximo diario

Q_m : Caudal medio diario L/s.

▪ **Caudal máximo horario**

El caudal máximo horario se refiere al mayor volumen de agua requerido por hora para satisfacer las necesidades de una población en un día de máximo consumo.

Se debe considerar un valor de 2.0 del consumo promedio diario anual.

$$Q_{mh} = K_2 \times Q_m \quad (3)$$

Donde:

Q_{mh} : Caudal máximo horario L/s

K_2 : Coeficiente de caudal máximo horario

Q_m : Caudal medio diario L/s.

2.2.5. Watercad

Software confiable y ampliamente usado para modelar, diseñar y evaluar sistemas de distribución de agua presurizados. Su uso permite ahorrar recursos y facilita la toma de decisiones en la gestión del área estudiada. Este programa se basa en el método de gradiente hidráulico para sus cálculos y permite simulaciones a largo plazo sobre el comportamiento hidráulico y la calidad del agua. WaterCAD modela redes que incluyen tuberías, conexiones, válvulas, reservorios y bombas, proporcionando datos detallados de caudal, velocidad de

flujo, pérdida de carga, gradiente hidráulica y presión en cada nodo. Además, permite configurar y comparar múltiples escenarios en un mismo archivo, lo que facilita la toma de decisiones (Roque, 2021).

2.2.6. Métodos de estimación de caudales para sistemas existentes

A. Método Volumétrico

Este método consiste en recolectar un volumen medido en un envase calibrado con anterioridad, durante un tiempo definido, este método se emplea en vertimiento o en descarga de agua de planta, pero también puede hacerse en riachuelos. (SGS, 2023)

$$Q = \frac{v}{t} \quad (4)$$

Donde:

Q = Caudal

v = Volumen del balde

t = Tiempo que demora en llenarse

B. Estimación por Velocidad y Área (ecuación de continuidad)

Sirve para analizar los fluidos que recorren o atraviesan tubos o canales con diámetros variables. (Paredes, et al., 2022)

$$Q = V * A \quad (5)$$

Donde:

Q = Caudal (m³/s)

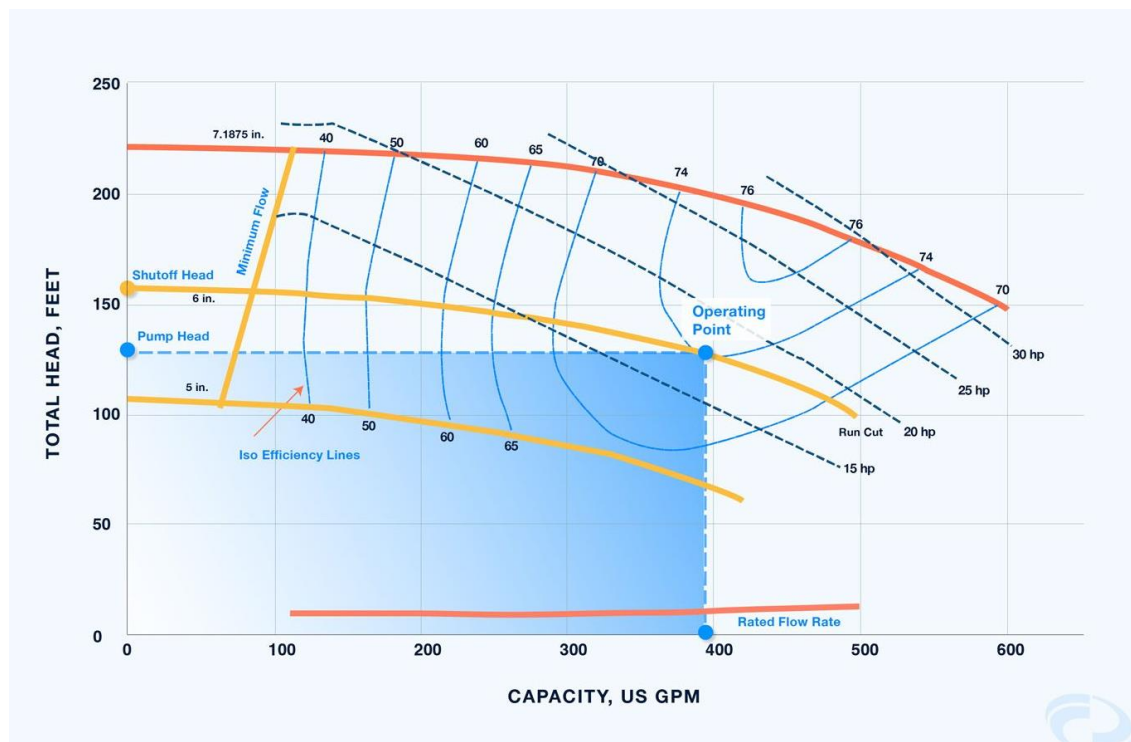
V = velocidad (m/s)

A = área (m²)

C. Uso de la Curva de la Bomba (Lectura de Presión)

Es una representación gráfica del rendimiento de una bomba en un rango de caudales. Muestra la relación entre el caudal, el cabezal, la eficiencia y el consumo de energía de una bomba. (FluidFlow, 2023)

Figura 6
Ejemplo de curva de la Bomba



Nota. Tomado de FluidFlow, 2023.

2.2.7. Fórmula de Hazen-Williams

La ecuación de Hazen-Williams es una formulación empírica ampliamente utilizada para estimar las pérdidas de carga por fricción en sistemas de tuberías que conducen agua a presión, especialmente en redes de distribución de agua potable. Esta ecuación se caracteriza por emplear un coeficiente de rugosidad (C), el cual depende principalmente del material, la condición interna y la antigüedad de la tubería, sin considerar explícitamente la influencia de la viscosidad ni del número de Reynolds. De acuerdo con Abdulsamad y Abdulrazzaq (2023), la ecuación de Hazen-Williams presenta una aplicación práctica sencilla y resultados comparables a los obtenidos mediante la ecuación de Darcy-Weisbach en condiciones de flujo turbulento, mostrando una alta correlación entre ambas. No obstante, su validez se limita al flujo de agua en régimen turbulento y a temperaturas aproximadamente constantes, por lo que su uso debe ser debidamente justificado en estudios hidráulicos que requieran mayor precisión o análisis bajo condiciones variables.

$$h_f = 10.67 \frac{L}{C^{1.853} D^{4.87}} Q^{1.852} \quad (6)$$

Donde:

hf: pérdida de carga (m)

L: Longitud de la tubería (m)

Q: caudal (m³/s)

C: coeficiente de Hazen Williams

D: diámetro interno de la tubería (m)

Tabla 01: Valores del coeficiente C de Hazen –Williams para distintos materiales.

Material	C
Acero galvanizado	125
Acero soldado c/revestimiento	130
Asbesto cemento	120
Hierro fundido nuevo	100
Hierro fundido usado (15 a 20 años)	60 – 100
Hierro fundido dúctil c/revestimiento de cemento	120
Plástico PVC o Polietileno PE	140

Fuente: (Azevedo, 2005)

2.2.8. Pérdidas de cargas locales

Como menciona MAB (2004), son las pérdidas de carga producidas por accesorios por cambio de dirección, reducciones o válvulas, utilizando su longitud equivalente al añadirla a la longitud del tramo. Aguirre (2015) en este sentido, señala que, la pérdida de carga es el producto del coeficiente de pérdidas menores por la altura dinámica de la tubería.

$$hl = k \frac{V^2}{2g} \quad (7)$$

Donde:

hL: pérdida de carga local (m)

K: coeficiente de pérdidas menores (adimensional)

V: velocidad del flujo (m/s)

g: aceleración de la gravedad (m/ s²)

2.2.9. Altura dinámica total.

$$Hdt = Hg + Hftotal + Ps \quad (8)$$

Donde

Hdt: Altura dinámica total en el sistema.

Hg: Altura geométrica, esto es la diferencia de nivel (altura estática total)

Hf total: Pérdida de carga (totales)

Ps: Presión de llegada al reservorio/planta (se recomienda min 2 m)

2.2.10. Diámetro de la Línea de impulsión.

Para elegir un diámetro adecuado de la tubería se debe tomar en cuenta la velocidad a la que trabaja dentro de la tubería, si existe baja velocidad ocasiona sedimentación de partículas, pero si existe velocidades que ocasiona vibraciones, altas pérdidas de carga y costo elevado de operación, la velocidad no debe ser inferior a 0,60 m/s y no superior a 2 m/s. (MVCS, 2018).

$$D = 0.96 * \left(\frac{N}{24}\right)^{\frac{1}{4}} * Q_b^{0.45} \quad (9)$$

Donde

D: Diámetro interior aproximado(m).

N: Número de horas de bombeo al día

Qb: Caudal de bombeo igual al caudal del diseño (m3/s).

2.2.11. Dotación de agua

Es la cantidad de agua potable requerida para que cada habitante pueda cubrir sus necesidades de higiene y otras actividades esenciales, expresada en litros por día por persona (Quispe, 2019).

Se define como la cantidad de agua que satisface las necesidades diarias de consumo de cada integrante de una vivienda, su selección depende del tipo de opción tecnológica para la disposición sanitaria de excretas sea seleccionada y aprobada bajo los criterios establecidos según la opción tecnológica para la disposición sanitaria de excretas y la región en la cual se implementen. (MVCS, 2018)

Tabla 2. Dotación de agua según opción tecnológica y región. (lt/hab/día)

REGION	DOTACION SEGÚN TIPO DE OPCION TECNOLÓGICA (l/hab.d)	
	SIN ARRASTRE HIDRAULICO (COMPOSTERA Y HOYOS SECO VENTILADO)	CON ARRASTRE HIDRAULICO (TANQUE SÉPTICO MEJORADO)
COSTA	60	90
SIERRA	50	80
SELVA	70	100

Nota: Tomado del MVCS, 2018.

2.2.12. Coeficientes de pérdidas en tuberías

Los coeficientes de pérdidas menores utilizados en tablas de diseño hidráulico tienen su origen en estudios experimentales y numéricos. Smyk et al. (2024) analizaron mediante simulación CFD el coeficiente de pérdidas locales (ζ) en un codo de tubería, demostrando que dicho coeficiente depende del número de Reynolds y que, para valores elevados ($Re \geq 20\,000$), se estabiliza alrededor de valores reportados en la literatura técnica ($\zeta \approx 0.22$). Estos resultados respaldan el uso de tablas de coeficientes de pérdidas locales en el análisis hidráulico de sistemas de tuberías.

Tabla 3. Tabla de coeficientes de pérdidas en accesorios de acuerdo al diámetro.

Diámetro <i>D</i>																				
mm	pulg.																			
13	1/2	0.3	0.4	0.5	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.4	0.1	4.9	2.6	0.3	1.0	1.0	3.6	0.4	1.1	1.6
19	3/4	0.4	0.6	0.7	0.3	0.3	0.4	0.2	0.2	0.5	0.1	6.7	3.6	0.4	1.4	1.4	5.6	0.5	1.6	2.4
25	1	0.5	0.7	0.8	0.4	0.3	0.5	0.2	0.3	0.7	0.2	8.2	4.6	0.5	1.7	1.7	7.3	0.7	2.1	3.2
32	1 1/4	0.7	0.9	1.1	0.5	0.4	0.6	0.3	0.4	0.9	0.2	11.3	5.6	0.7	2.3	2.3	10.0	0.9	2.7	4.0
38	1 1/2	0.9	1.1	1.3	0.6	0.5	0.7	0.3	0.5	1.0	0.3	13.4	6.7	0.9	2.8	2.8	11.6	1.0	3.2	4.8
50	2	1.1	1.4	1.7	0.8	0.6	0.9	0.4	0.7	1.5	0.4	17.4	8.5	1.1	3.5	3.5	14.0	1.5	4.2	6.4
63	2 1/2	1.3	1.7	2.0	0.9	0.8	1.0	0.5	0.9	1.9	0.4	21.0	10.0	1.3	4.3	4.3	17.0	1.9	5.2	8.1
75	3	1.6	2.1	2.5	1.2	1.0	1.3	0.6	1.1	2.2	0.5	26.0	13.0	1.6	5.2	5.2	20.0	2.2	6.3	9.7
100	4	2.1	2.8	3.4	1.5	1.3	1.6	0.7	1.6	3.2	0.7	34.0	17.0	2.1	6.7	6.7	23.0	3.2	6.4	12.9
125	5	2.7	3.7	4.2	1.9	1.6	2.1	0.9	2.0	4.0	0.9	43.0	21.0	2.7	8.4	8.4	30.0	4.0	10.4	16.1
150	6	3.4	4.3	4.9	2.3	1.9	2.5	1.1	2.5	5.0	1.1	51.0	25.0	3.4	10.0	10.0	39.0	5.0	12.5	19.3
200	8	4.3	5.5	6.4	3.0	2.4	3.3	1.5	3.5	6.0	1.4	67.0	34.0	4.3	13.0	13.0	52.0	6.0	16.0	25.0
250	10	5.5	6.7	7.9	3.8	3.0	4.1	1.8	4.5	7.5	1.7	85.0	43.0	5.5	16.0	16.0	65.0	7.5	20.0	32.0
300	12	6.1	7.9	9.5	4.6	3.6	4.8	2.2	5.5	9.0	2.1	102.0	51.0	6.1	19.0	19.0	78.0	9.0	24.0	38.0
350	14	7.3	9.5	10.5	5.3	4.4	5.4	2.5	6.2	11.0	2.4	120.0	60.0	7.3	22.0	22.0	90.0	11.0	28.0	45.0

Nota. Tomado de Caídas de presión en tuberías comerciales, por la Universidad Nacional Autónoma de México, s. f.

2.2.13. Válvula de aire

Las válvulas de aire desempeñan un rol crítico en el comportamiento hidráulico y transitorio de los sistemas de tuberías presurizadas, ya que regulan la admisión y expulsión de aire durante eventos operativos como el llenado, vaciado y fallas de bombeo. Tasca et al. (2022) demostraron que el desempeño real de una válvula de aire depende de sus curvas características de admisión y expulsión, las cuales deben ser consistentes con el modelo de flujo isentrópico del aire y abarcar todo el régimen subsónico. El estudio evidencia que los coeficientes de descarga para admisión y expulsión no son necesariamente iguales y que el uso de curvas inexactas, frecuentemente reportadas en catálogos comerciales, puede generar errores significativos en la simulación de transitorios hidráulicos, incrementando el riesgo de sobrepresiones y golpes de ariete en las tuberías.

Figura 7

Ejemplo de válvula de aire



Nota: Tomado del portal web de la empresa Agrobesser(s.f.)

2.2.14. Control sanitario

El control sanitario constituye un conjunto de acciones sistemáticas orientadas a prevenir riesgos microbiológicos y químicos que puedan comprometer la inocuidad de los alimentos y la salud pública. Un estudio reciente publicado de Narzetti et al. (2024), evidenció que la aplicación de regulaciones sanitarias más estrictas, como la designación obligatoria de responsables de higiene, la capacitación periódica y la implementación de procedimientos documentados de limpieza y desinfección, se asocia con menores niveles de contaminación microbiológica y química en alimentos listos para el consumo. Los resultados mostraron que, en entornos con mayor control sanitario, no se detectaron patógenos de intoxicación alimentaria y los niveles de bacterias indicadoras de higiene (aerobios mesófilos y coliformes) se mantuvieron significativamente por debajo de los

reportados en establecimientos convencionales. Asimismo, la vigilancia de peligros químicos, como residuos de plaguicidas y metales pesados, confirmó que estos se encontraban dentro de los límites permisibles cuando se aplicaban prácticas sanitarias rigurosas. En conjunto, estos hallazgos demuestran que el control sanitario efectivo es un factor determinante para garantizar la inocuidad alimentaria, reducir riesgos para el consumidor y asegurar el cumplimiento de la normativa sanitaria vigente.

2.2.15. Análisis físico-química del agua potable

El análisis físico-químico del agua potable constituye una herramienta fundamental para evaluar su aptitud para el consumo humano, ya que permite identificar alteraciones en sus características naturales y la presencia de contaminantes potencialmente perjudiciales para la salud. De acuerdo con Kanwal et al. (2022), este análisis comprende la evaluación de parámetros físicos como pH, turbidez, conductividad eléctrica y sólidos disueltos totales, así como parámetros químicos tales como dureza, alcalinidad, cloruros, nitratos, fluoruro y metales pesados. Estos indicadores reflejan la influencia de factores ambientales, geológicos y antrópicos —como la urbanización, la actividad agrícola e industrial— sobre la calidad del recurso hídrico. La comparación de los valores obtenidos con los estándares establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) permite determinar si el agua cumple con los límites permisibles para consumo humano, contribuyendo a la prevención de enfermedades asociadas al uso de agua contaminada y al diseño de medidas adecuadas de tratamiento y control sanitario en los sistemas de abastecimiento. En el Perú, dichos parámetros son regulados por los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, establecidos en el D.S. N.º 004-2017-MINAM, los cuales definen los valores máximos permisibles para fuentes destinadas al consumo humano. El cumplimiento de estos estándares constituye un requisito indispensable para garantizar la potabilidad del agua y complementar las acciones de control sanitario en los sistemas de abastecimiento, especialmente en zonas rurales donde predominan fuentes subterráneas y manantiales.

2.2.16. Cobertura del servicio de agua potable

La cobertura del servicio de agua potable se entiende como el grado en que la población cuenta con acceso efectivo, continuo y seguro a sistemas formales de abastecimiento de agua, constituyendo un indicador clave del desarrollo social y de la eficacia de la gestión de los servicios de saneamiento. Según Narzetti et al. (2023), el logro de una cobertura amplia y equitativa depende fundamentalmente de un marco legal e

institucional sólido, en el cual los gobiernos locales y los titulares del servicio asumen la responsabilidad de planificar, implementar y supervisar la expansión de la infraestructura de agua potable. El estudio evidencia que la formulación de planes municipales de agua y saneamiento, junto con la definición de metas contractuales claras y la supervisión por parte de entes reguladores, permite alcanzar coberturas promedio cercanas al 90 % en el abastecimiento de agua, aunque persisten brechas significativas entre regiones urbanas y rurales. Asimismo, los autores señalan que la participación de organismos reguladores con autonomía técnica y financiera es determinante para garantizar el cumplimiento de los objetivos de cobertura, la sostenibilidad económica de los operadores y la universalización progresiva del servicio, especialmente en territorios con heterogeneidad poblacional y limitaciones financieras.

2.2.17. Pérdida de agua

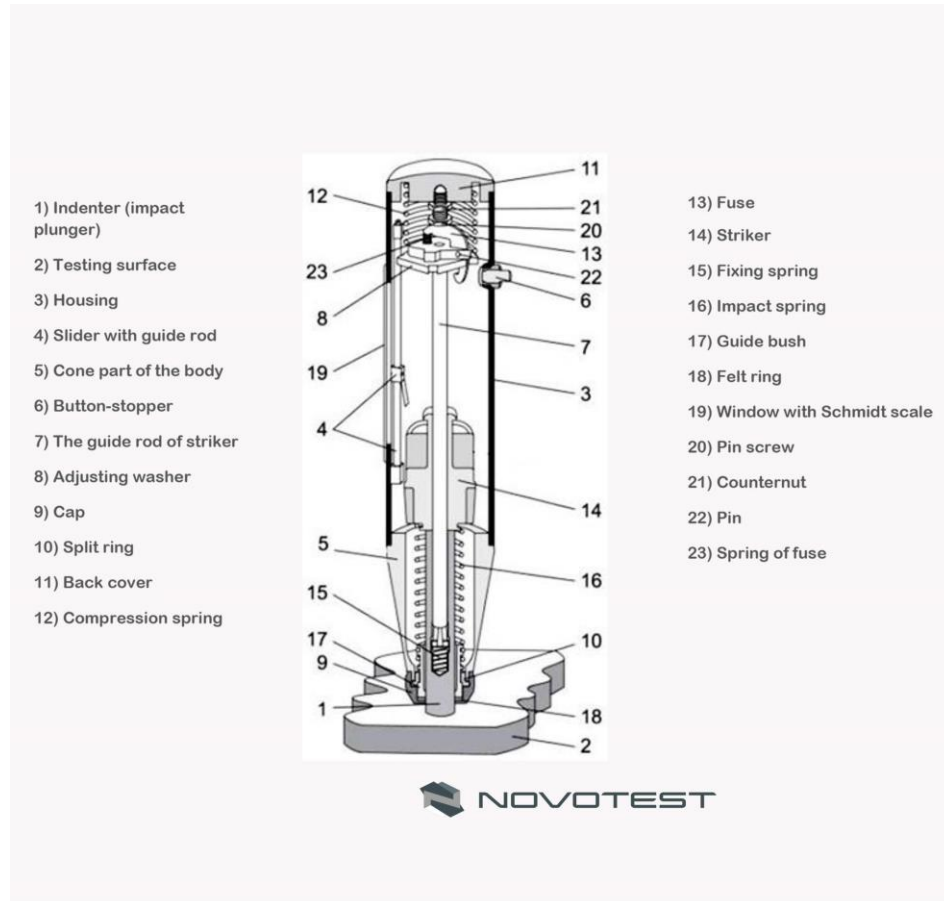
La pérdida de agua en los sistemas de distribución constituye uno de los principales desafíos para la sostenibilidad y eficiencia de los servicios de agua potable, especialmente en contextos urbanos con infraestructuras envejecidas. De acuerdo con Farah y Shahrour (2024), las pérdidas de agua están estrechamente asociadas a fugas no detectadas en las redes, las cuales generan impactos técnicos, económicos y ambientales significativos. A partir de un análisis bibliométrico y una revisión sistemática, los autores identifican cuatro grandes enfoques para la detección de fugas: métodos basados en hardware, técnicas de localización, métodos basados en software y sistemas de monitoreo inteligente. Estos enfoques incluyen desde técnicas tradicionales, como inspecciones visuales y métodos acústicos, hasta soluciones avanzadas apoyadas en sensores inteligentes, modelación hidráulica, algoritmos de inteligencia artificial y redes de agua inteligentes. La evidencia muestra que, si bien los métodos convencionales permiten identificar pérdidas evidentes, presentan limitaciones en precisión y cobertura, mientras que las tecnologías modernas mejoran la detección temprana y la localización de fugas, contribuyendo a la reducción de pérdidas reales y al fortalecimiento de la gestión integral del recurso hídrico. En este sentido, la adopción de estrategias tecnológicas combinadas se reconoce como un elemento clave para mitigar la pérdida de agua y optimizar el desempeño de los sistemas de abastecimiento.

2.2.18. Ensayo de dureza superficial (astm C805)

Históricamente, se llamaban “Pruebas no destructivas” porque algunas de las primeras pruebas no dañaban al concreto en estudio. La terminología de “In situ” se utiliza para

agrupar a todos los métodos que no alteran al concreto y/o a los que lo dañan de una manera menor a la superficie. La característica más importante de este tipo de métodos es que miden las características del concreto, tales como la calidad y homogeneidad, de una manera rápida y sencilla, sin contar su bajo costo, ya que no implica la destrucción del elemento evaluado. (Vélez Gallardo, G. A. 2019)

Figura 8
Martillo Schmidt



Fuente: Lozano, A. (2009). Martillo Schmidt (Esclerómetro) *Geoengineering Services & Consulting EIRL*, 4.

El ensayo de dureza superficial mide la dureza superficial del concreto mediante el empleo de un martillo ligero, formado por un pequeño cilindro macizo de acero, que al momento de hacerlo chocar contra la superficie de la muestra nos mide la resistencia superficial del concreto. Su funcionamiento sigue la idea física de rebote que, con una energía de impulso constante, se espera una energía específica de rebote de acuerdo a la dureza del elemento, que es variable, activando una guía sobre un visor escalado que te da valores adimensionales que van desde el 10 hasta el 100. Este estudio es necesario para la determinación de la dispersión en la calidad del concreto en las diferentes partes de la construcción. Si bien el

ensayo de dureza superficial es rápido y de bajo costo y además permite estudiar la uniformidad de la superficie tiene algunas limitaciones, ya que las medidas son afectadas por la rugosidad o la forma de la superficie, condiciones de humedad, el tamaño y el tipo de agregados (Vélez Gallardo, G. A. 2019)

Norma de método de prueba para número de rebotes del concreto armado

Esta norma ha sido publicada bajo la designación astmC805/C805M. Se muestra a continuación los principales puntos de la norma mencionada con fin de resaltar las especificaciones que fueron tomadas en cuenta para la realización de la presente investigación.

Resumen del método de prueba

Un martillo de acero impacta, con una cantidad predeterminada de energía, un émbolo de acero entra en contacto con la superficie de concreto y la distancia del rebote del martillo es medida.

Aparato

Martillo de rebote, consiste en un martillo de resorte de acero que cuando realiza golpes se libera un émbolo que hace contacto con la superficie de concreto. El martillo de resorte debe propagarse con una velocidad constante y reproducible. La distancia entre el rebote del martillo de acero y el émbolo de acero es medida es una escala linear unido al marco (estructura-armazón) del instrumento.

Área de Prueba e interferencias

Selección de superficie de prueba: El concreto que será testeado debe ser al menos 100mm de espesor y debe formar parte de una estructura. Especímenes pequeños deben ser rígidamente soportados.

Preparación de la zona de prueba: El área testeada será al menos 150mm de diámetro. Las texturas pesadas, suaves, o superficies con poco mortero deben ser resanadas con piedra áspera.

No hacer la prueba directamente sobre las barras de acero de refuerzo que están cubiertas con menos de 20mm.

Procedimiento

Mantener firme el instrumento para que el émbolo esté perpendicular a la superficie de prueba. Empujar gradualmente el instrumento hacia la superficie hasta que el martillo impacte. Después del impacto, mantener presionado el instrumento, si es necesario, presionar el botón que se encuentra al costado del instrumento para bloquear el émbolo en

una posición retraída. Leer el número de rebote en la escala del número entero más cercano y apuntarlo. Tomar 10 lecturas por cada área de prueba. Las pruebas de impacto no deben estar tan cerca entre sí. Al menos 25mm de diferencia.

2.3. Definición de términos básicos

- **Calidad del agua:** La calidad del agua se refiere a la medición de sus características físicas, químicas y microbiológicas para determinar si cumple con los estándares establecidos por la normativa. En Perú, la gestión del agua para uso doméstico se rige principalmente por dos marcos normativos: el Estándar de Calidad Ambiental para agua y el Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano. Estas normas establecen si el agua es adecuada para diferentes usos como agricultura, actividades recreativas, consumo humano o procesos industriales (Autoridad Nacional del Agua, 2016).
- **Coliformes:** Los coliformes son microorganismos bacterianos que habitan naturalmente en el suelo, aguas y sistemas digestivos de humanos y animales. Durante más de un siglo han funcionado como indicadores de condiciones higiénicas inadecuadas en la industria alimentaria y de bebidas. Actualmente, la detección de *Escherichia coli* constituye un indicador ampliamente utilizado para evaluar las condiciones higiénicas en diversos campos como la gestión acuática, pesca, agricultura y producción alimentaria. Cuando estas bacterias contaminan el agua, reducen su contenido de oxígeno y pueden provocar enfermedades del sistema digestivo en los seres vivos que la consumen (Organización Mundial de la Salud, 2017).
- **Caudal ecológico:** El caudal ecológico representa el volumen mínimo de agua que debe mantenerse en un cauce para garantizar la preservación de ecosistemas acuáticos y la continuidad de servicios ambientales esenciales. Su determinación resulta crucial para implementar prácticas sostenibles en la gestión de recursos hídricos (MINAM, 2019).
- **Dureza del agua:** La dureza del agua indica la concentración de minerales disueltos, principalmente compuestos de calcio y magnesio. Niveles elevados pueden afectar las características organolépticas del agua y reducir su eficiencia en aplicaciones domésticas e industriales específicas (DIGESA, 2016).
- **Conductividad eléctrica:** La conductividad eléctrica es un parámetro que mide la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica, proporcionando una estimación indirecta de la concentración de iones disueltos. Valores elevados suelen indicar mayor presencia de sales y otros compuestos iónicos, lo que puede afectar la calidad del agua para diversos usos (Autoridad Nacional del Agua, 2018).

- **pH:** El pH es un indicador que mide el grado de acidez o alcalinidad del agua en una escala de 0 a 14. Valores por debajo de 7 indican acidez, mientras que valores superiores indican alcalinidad. Este parámetro influye significativamente en los procesos biológicos acuáticos y en la solubilidad de muchos compuestos químicos, siendo crucial para determinar la idoneidad del agua para diferentes aplicaciones (MINSA, 2016).
- **Bioindicadores acuáticos:** Los bioindicadores acuáticos son organismos o comunidades biológicas cuya presencia, ausencia o comportamiento proporciona información sobre la calidad ambiental del agua. Su análisis complementa los estudios fisicoquímicos tradicionales, ofreciendo una visión integral sobre la salud de los ecosistemas acuáticos y los efectos acumulativos de la contaminación (MINAM, 2018).
- **ANA (Autoridad Nacional del Agua):** La Autoridad Nacional del Agua es el ente rector del Sistema Nacional de Gestión de Recursos Hídricos en Perú. Es responsable de administrar, conservar y proteger los recursos hídricos en las cuencas hidrográficas, otorgando derechos de uso y promoviendo la gestión integrada y sostenible del agua en el territorio nacional (Autoridad Nacional del Agua, 2019).
- **Protocolo de monitoreo de calidad de agua (R. J. N.º 010-2016-ANA):** Esta normativa establece los procedimientos metodológicos estandarizados para realizar el seguimiento y evaluación de la calidad de aguas superficiales en el territorio peruano. Sirve como referencia técnica para desarrollar actividades de monitoreo acuático en diversos entornos, como el caso del manantial mencionado en la investigación. El documento detalla los procedimientos específicos necesarios para una correcta evaluación de los recursos hídricos (Autoridad Nacional del Agua, 2016).
- **Turbidez:** La turbidez es una medida del grado de transparencia que pierde el agua debido a la presencia de partículas en suspensión. Valores elevados de turbidez pueden interferir con los procesos de desinfección y constituyen un indicador visual de posible contaminación, afectando tanto la estética como la seguridad del agua para distintos usos (DIGESA, 2017).
- **Acuífero:** Un acuífero es una formación geológica subterránea que almacena agua y permite su circulación a través de poros, fisuras o fracturas. Representa una fuente crucial de agua dulce que requiere protección especial contra contaminantes, debido a su lenta capacidad de regeneración y purificación natural (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú, 2018).
- **ECA:** Los Estándares de Calidad Ambiental representan herramientas regulatorias en la gestión ambiental peruana que establecen los niveles máximos permitidos de sustancias,

elementos o parámetros de naturaleza física, química o biológica presentes en ecosistemas (atmósfera, medios acuáticos y componentes orgánicos). Estos estándares se aplican actualmente a agua, aire, suelo, ruido y radiación no ionizante (MINAM, 2017).

- **MINSA:** El Ministerio de Salud forma parte del poder Ejecutivo peruano como la entidad principal del sector sanitario. Su relevancia en investigaciones sobre calidad del agua radica en que proporciona instrumentos evaluativos como el 'Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano' desarrollado por la Dirección General de Salud Ambiental (MINSA, 2015).
- **Metales:** Los metales son elementos que no se degradan mediante procesos naturales o artificiales, lo que los hace persistentes en el ambiente. En medios acuáticos, experimentan transformaciones a través de procesos biogeoquímicos, filtraciones, movimientos y reacciones oxidativas, generando diversos compuestos con propiedades fisicoquímicas variadas. Estos elementos, caracterizados por su baja solubilidad y alta toxicidad, pueden acumularse en organismos vivos tras su exposición, ocasionando problemas cardiovasculares, trastornos del crecimiento, daños neurológicos y otras afecciones severas (Ministerio del Ambiente, 2017).
- **Conexión domiciliaria de agua:** red secundaria que separa el flujo para distribuirlo directamente a cada unidad habitacional(Quispe, 2019).
- **Cámara rompe presión:** función de disminuir la presión hidrostática dentro del conducto cerrado(Quispe, 2019).
- **Válvulas de purga :** remueve sólidos o sedimentos acumulados en las zonas bajas de una red hidráulica, permitiendo que estos sean expulsados al exterior del sistema(Quispe, 2019).
- **El estudio de impacto ambiental:** Determina la cuantificación, tanto negativa como positiva, de la interacción entre el medio ambiente y el proyecto a realizar, además de los efectos que surgirán durante la ejecución de la obra(Quispe, 2019).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción de la zona de estudio

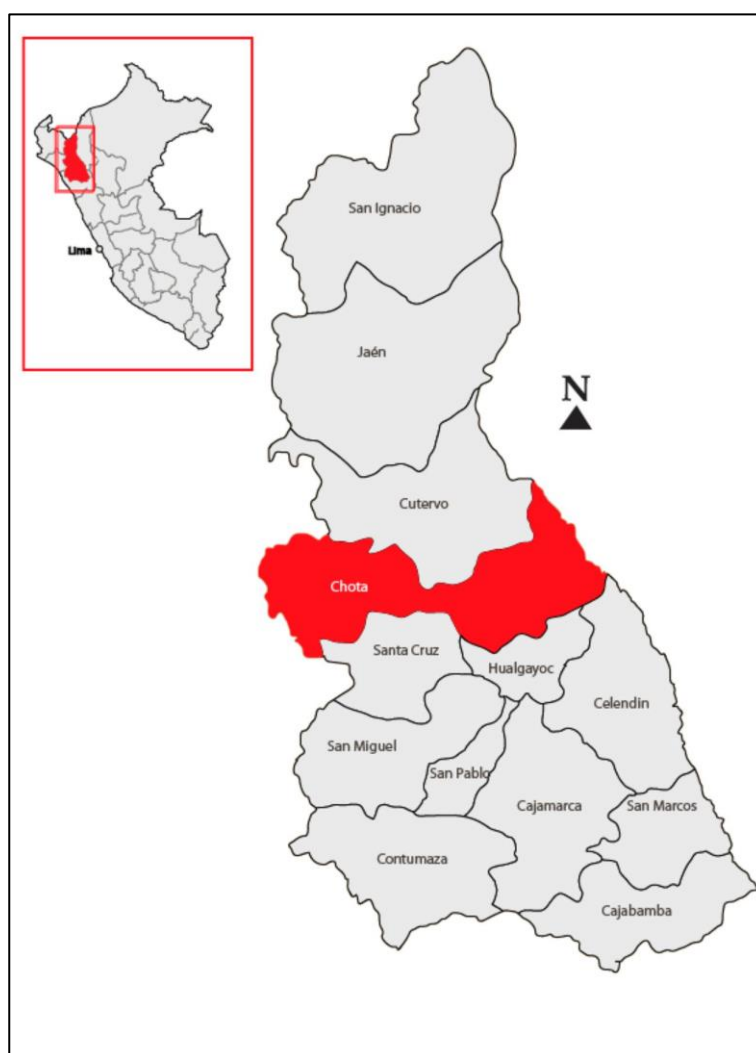
3.1.1. Ubicación política

El estudio se realizó en las comunidades de Chames y San Pedro que pertenecen al distrito de Conchán.

- Distrito: Conchán.
- Provincia: Chota.
- Región: Cajamarca.

Figura 9

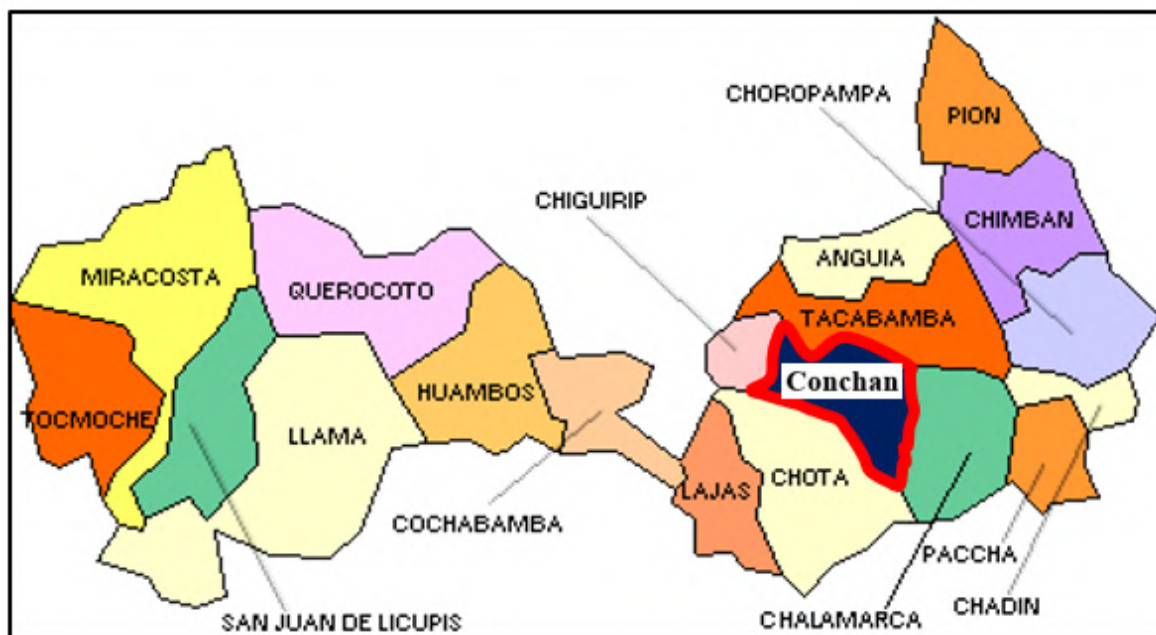
Localización regional



Nota. Municipalidad provincial de Cajamarca, 2020

Figura 10

Localización provincial



Nota. (Municipalidad provincial de Chota, 2019)

Figura 11

Localización Distrital



Nota. Google Earth

Figura 12

Vista panorámica de la comunidad de San Pedro



3.1.2. Ubicación geográfica del área de estudio

La ubicación de la investigación tiene las siguientes coordenadas UTM:

- **Datum:** WGS84
- **Proyección:** Universal Transversal Mercator – UTM
- **Zona:** 17M
- **Longitud:** 78°39'01" W
- **Latitud:** 6°26'25"
- **Altitud:** 2,500 m.s.n.m.

3.1.3. Población

Las localidades de Chames y San Pedro ubicadas en el distrito de Conchán, se registró según datos del INEI para el año 2017, para la comunidad de San Pedro 397 pobladores y para la comunidad de chames 200 pobladores. En la actualidad, esta comunidad se distribuye en un total de 186 viviendas (90 en chames y 96 en san pedro) existiendo 430 pobladores en la comunidad de San Pedro y 238 pobladores en la comunidad de Chames, lo que refleja un pequeño pero significativo crecimiento en comparación con años anteriores. Las comunidades eminentemente rurales conformada por familias nucleares con su entorno

tranquilo, siguen manteniendo tradiciones y costumbres propias, aunque también ha comenzado a adaptarse a cambios que permiten mejorar la calidad de vida de sus habitantes. La infraestructura local y los servicios básicos continúan evolucionando para satisfacer las necesidades de su población.

3.1.4. Clima

Las localidades de Chames y San Pedro que se encuentran en la región quechua, tienen un clima del tipo templado y frío seco, con una temperatura promedio de 13°C. Los factores que influyen en las condiciones climáticas de la región son los siguientes: Temperatura: Durante la temporada de lluvias, que va de diciembre a marzo, las temperaturas en estas localidades oscilan entre los 12° y 13°C. En el periodo de abril a noviembre, se experimenta un clima templado durante el día y frío por la noche. Humedad Relativa: La humedad relativa anual promedio en estas áreas es de aproximadamente 87%. Los meses con menor humedad son julio, agosto y septiembre, mientras que la humedad aumenta durante el resto del año.

3.1.5. Topografía

El terreno de las localidades de Chames y San Pedro, es bastante irregular, con cerros de baja elevación. Predominan praderas verdes con pastos naturales que favorecen la crianza de ganado vacuno, caballar y ovino, crianza de cuyes u animales menores, además de una notable actividad agrícola que permite el cultivo principalmente de papa, maíz, arveja. Estas localidades se encuentran a una altitud de entre 2,300 y 2,900 metros sobre el nivel del mar.

Figura 13

Predominancia de cultivo de papa y crianza de ganado vacuno en las comunidades de Chames y San Pedro.



3.2 Antecedentes históricos del sistema de agua potable de Chames y San Pedro

El proyecto "Mejoramiento y ampliación del servicio de agua potable y saneamiento en las localidades de Chames y San Pedro, Distrito de Conchán – Chota - Cajamarca", tuvo como responsable de declarar la viabilidad al Ing. Percy Tarrillo Torres, jefe de la Unidad Formuladora, y como encargado de formular el PIP al Ing. Elvis Joel Ramírez Roque.

Este proyecto surgió como respuesta a los reclamos de los pobladores de Chames y San Pedro, quienes solicitaban un sistema adecuado de agua potable y saneamiento básico. Además, sigue las políticas de la actual gestión municipal, cuyo objetivo es proveer una infraestructura adecuada de agua potable y disposición sanitaria de excretas a todas las localidades de su jurisdicción.

3.3 Instrumentos, materiales y equipos

Herramientas de Medición Lineal

- Wincha de lona (50 metros)
- Wincha metálica (5 metros)
- Regla plástica (30 cm)
- Regla de madera (6 metro)

Equipos de Registro

- Cámara fotográfica de alta resolución
- Dispositivos móviles con GPS integrado
- Pizarra acrílica para anotaciones de campo
- Pintura de marcación

Formato de Registro Hidráulico

- Identificación de fuentes de captación
- Características de la red de distribución
- Estado de infraestructura
- Mediciones de caudal
- Registro de presión en diferentes puntos

Formato de Consumo Poblacional

- Número de habitantes por vivienda
- Consumo promedio diario
- Consumo per cápita
- Variaciones estacionales de consumo

Infraestructura

- Estado de tuberías
- Puntos de captación
- Reservorios
- Sistemas de tratamiento

Calidad del Agua

- Parámetros físico-químicos
- Parámetros microbiológicos

- Niveles de potabilidad

Eficiencia de Distribución

- Pérdidas en la red
- Cobertura territorial
- Continuidad del servicio

3.4 Hipótesis de investigación

3.4.1. Hipótesis general

El sistema de agua de consumo humano de las comunidades de Chames y San Pedro en el distrito de Conchán es deficiente.

3.4.2. Variable

Sistema de agua de consumo humano.

3.4.3. Dimensiones de la variable

- Infraestructura
- Operación y mantenimiento

3.4.4. Indicadores

- Cobertura del servicio de agua potable (%)
- Porcentaje de pérdidas de agua (%)
- Niveles de salubridad

3.4.5. Operacionalización de variables:

Tabla 4. Operacionalización de las variables

"EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA GESTIONAR LA DEMANDA DE LA POBLACIÓN EN LAS COMUNIDADES DE CHAMES Y SAN PEDRO, DISTRITO DE CONCHÁN – CHOTA - CAJAMARCA – 2025"					
Hipótesis general	Definición conceptual de la variable	Definición operacional de la variable			
		Variable	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos de recolección de información
El sistema de agua de consumo humano de las comunidades de Chames y San Pedro en el distrito de Conchán es deficiente.	El funcionamiento del sistema de agua de consumo humano hace referencia a la eficiencia y eficacia con las que se gestionan los recursos hídricos para garantizar el suministro de agua de consumo humano a la población. Esto incluye todo el proceso que va desde la captación del agua en fuentes naturales, pasando por el tratamiento, hasta la distribución segura y continua en los hogares o puntos de consumo. También implica el mantenimiento de la infraestructura, la calidad del agua y la gestión operativa del sistema (Miñan et al., 2021).	Sistema de agua de consumo humano.	Infraestructura	Cobertura del servicio de agua potable (%) Porcentaje de pérdidas de agua (%)	- Observación directa - Revisión documental - Ensayos de campo - Recolección de muestras - Aforos de caudales - Medición de presiones en conexiones domiciliarias - Encuestas
			Operación y mantenimiento	Niveles de salubridad	

3.4.6. Matriz de consistencia

Tabla 5. *Matriz de consistencia*

"EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA GESTIONAR LA DEMANDA DE LA POBLACIÓN EN LAS COMUNIDADES DE CHAMES Y SAN PEDRO, DISTRITO DE CONCHÁN – CHOTA - CAJAMARCA – 2025"							
Problema Principal	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e Instrumentos de recolección de información	Población y muestra
¿Cuál es el estado actual del sistema de agua de consumo humano para gestionar la demanda de la población en las comunidades de Chames y San Pedro distrito de Conchán – Chota - Cajamarca?	OBJETIVO GENERAL	El sistema de agua de consumo humano de las comunidades de Chames y San Pedro en el distrito de Conchán es deficiente.	Sistema de agua de consumo humano.	Infraestructura	Cobertura del servicio de agua potable (%)	Instrumentos	En ese contexto nuestra población de estudio se delimitará a dos comunidades del distrito de Conchán, en la provincia de Chota, Cajamarca, abarcando las comunidades de Chames, San Pedro, con un total de 186
	Evaluar el sistema de abastecimiento de agua de consumo humano en las comunidades de Chames y San Pedro en Conchán, Chota, Cajamarca-2025 y proponer alternativas de gestión.					-Libreta de campo -Cámara fotográfica -Nanómetro -Esclerómetro -Envases para muestras de agua. -Guías de encuestas	
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS						
	- Caracterizar las comunidades de San Pedro y Chames. -Describir los componentes del sistema de agua de consumo humano.						

							conexiones domiciliarias
-Estimar el caudal de funcionamiento.							
-Evaluar estructuralmente el sistema de agua de consumo humano.						Técnica	
-Evaluar hidráulicamente el sistema de agua de consumo humano.				Operación y mantenimiento	Niveles de salubridad	-Observación directa -Revisión documental -Ensayos de campo -Recolección de muestras -Aforos de caudales -Encuestas	La muestra sería las dos comunidades beneficiarias del servicio
-Evaluar la operación y mantenimiento del sistema de agua de consumo humano							
-Proponer alternativas de solución.							

3.5 Metodología de la investigación

3.5.1. Metodología de la investigación

El tipo de metodología aplicada a esta investigación es del nivel descriptivo, aplicando el método científico con fines de análisis.

3.5.2. Tipo

Aplicado, ya que implica la recolección de datos y análisis estadístico para generar conocimientos prácticos orientados a resolver problemas específicos(Chávez , 2023).

3.5.3. Diseño

El diseño no experimental – transversal porque como Guevara et al. (2020) explica: el investigador no manipula directamente las variables de estudio, sino que observa los fenómenos tal como ocurren en su contexto natural describiendo, analizando y comprendiendo situaciones o eventos sin alterar su comportamiento natural en un único momento.

3.5.4. Nivel

El diseño de esta investigación es descriptivo-propositivo, ya que como menciona Guevara et al. (2020), los diseños descriptivos permiten analizar y documentar características o fenómenos tal como ocurren en su contexto natural, mientras que los propositivos están orientados a plantear soluciones o mejoras basadas en los datos obtenidos.

En este caso, se buscó primero describir las deficiencias del sistema de abastecimiento de agua de consumo humano (en las comunidades de Chames y San Pedro) en Conchán para basado en ello se propuso mejoras.

3.6 Población de estudio

3.6.1. Unidad De Estudio

La unidad de análisis en esta investigación estuvo compuesta por los componentes principales del sistema de abastecimiento de agua potable en las comunidades de Chames y San Pedro del distrito de Conchán, que incluye captación de ladera, 3 estaciones de bombeo, una cámara de reunión, 2 reservorios, líneas de aducción, red de distribución y las conexiones domiciliarias.

3.6.2 Población

La población se entiende como el grupo completo de individuos o unidades pertinentes para el estudio, que comparten características o variables de interés en la investigación.(Miñan, 2024).

En ese contexto nuestra población de estudio se delimitará a dos comunidades del distrito de Conchán, en la provincia de Chota, Cajamarca, abarcando las localidades de Chames, San Pedro, con un total de 186 usuarios y 668 personas en total.

3.6.3 Muestra

La muestra se elige del conjunto de toda la población de Chames y San Pedro que sirve para representar a esta en su totalidad.

3.6.4 Técnicas e instrumentos de recolección de información.

Técnica: observación directa, porque el investigador observara cada uno de los eventos y elementos del sistema de agua de consumo.

Instrumento:

- Guía de observaciones (encuestas, fichas)
- Guía de registros cuantitativos (dimensiones, caudales, alturas, pendientes, presiones, frecuencias de funcionamiento)
- Guía de registros cualitativos (formas, estados, contextos).
- Cámara fotográfica.
- Vernier.
- Wincha.

Técnica: Revisión documental, se usaron diferentes fuentes de información, planos y especificaciones técnicas del proyecto.

Instrumento:

- Revisión bibliográfica de libros, y otras investigaciones (autor, título de la investigación, año)
- Revisión de artículos científicos
- Revisión de planos y especificaciones

Técnica: Ensayos de campo, para verificar la resistencia de los componentes de concreto armado, se usó el ensayo de resistencia con esclerómetro.

Instrumento:

- Esclerómetro
- Cíncel
- Comba
- Lija
- Regla
- Plumón
- Pizarra acrílica

Técnica: Recolección de muestras de agua, para determinar el estado actual del agua de consumo humano.

Instrumento:

- Frascos de plástico (para análisis físico-químico)
- Frascos de vidrio esterilizados (para análisis microbiológico)
- Caja de tecnopor para traslado de muestras
- Gel refrigerante para mantener la muestra a temperatura constante

Técnica: Medición de aforos, para determinar el caudal desde la captación hasta cada uno de los componentes de distribución.

Instrumento:

- Libreta de campo
- Celular con cronometro
- Wincha.
- Regla de madera.
- Flotador.
- Balde de 20 lt

Técnica: Inspección y medición de presiones en conexiones domiciliarias, para conocer y comparar si cumplen con los parámetros normativos y de modelamiento.

Instrumento:

- Manómetro
- Manguera de un metro
- Reducción Bushing (1/2" Macho x 1/4" Hembra).
- Tee hembra de 1/2"
- Llaves de escuadra 1/2" - 1/2"

- Unión de 1/2"
- Abrazaderas de 3/4" y 1/2"
- Cinta teflón
- Planilla de registro de datos de las conexiones
- desarmador

Técnica: Encuestas, se planteó un cuestionario de preguntas para conocer el estado del funcionamiento del servicio.

Instrumento:

- Libreta de campo
- Celular con cámara

3.7 Análisis de la interpretación de los datos

A continuación, se detallan los programas y métodos utilizados para el desarrollo y análisis de esta investigación:

- AutoCAD 2D y AutoCAD Civil 3D
Para la elaboración de planos de la infraestructura del sistema de agua
- WaterCAD
Para la modelación y simulación del sistema de abastecimiento de agua potable
- Esclerometría:
Para evaluar la resistencia del concreto en las estructuras.
- Aforos.
Para conocer los caudales que ingresan en cada una de las estructuras de sistema.
- Mediciones de presiones en campo.
Para conocer que presiones están dentro del rango de la normativa
- Análisis de laboratorio
Para conocer la calidad de agua que se consume en las comunidades.
- Encuestas
Para conocer los diferentes procedimientos y actuaciones de la población con respecto al manejo de su sistema de abastecimiento de agua.

CAPITULO IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Caracterización de las comunidades de Chames y San Pedro.

- Características físicas.

Las comunidades de Chames y San Pedro son dos comunidades contiguas que se encuentran en el distrito de Conchán provincia de Chota y departamento de Cajamarca, la altitud promedio es de 2400 a 2900 msnm. Presentan una topografía un poco accidentada, un clima templado con temperatura promedio de 12 a 13°C, descendiendo éstas durante los meses de invierno (Noviembre – Abril) en el cual se presentan con fuertes e intensas lluvias.

- Aspecto socio económico

La mayoría de la población se dedica a la agricultura y ganadería, la misma que es complementada con la crianza de aves en menor escala para venta minoritaria y autoconsumo. Entre los principales cultivos agrícolas que se producen están la papa en mayor porcentaje, pastos, alfalfa, arveja, maíz y el frijol. En cuanto a la producción pecuaria, las localidades de Chames y San Pedro se caracteriza por la crianza de ganado vacuno para carne y producción de leche, pues esta es la materia prima para la obtención de los derivados lácteos que allí se elaboran y son orientados al mercado de Conchán principalmente. Asimismo, se cría ganado ovino y porcino, aunque en menor escala.

- Vías de acceso

Las comunidades de Chames y San Pedro se encuentran en la vía que comunica la ciudad de Conchán con la ciudad de Chota, se cuenta con una carretera afirmada y asfaltada en cierto tramo. El recorrido promedio actual es de 50 minutos en camioneta desde la ciudad de Chota y 12 minutos desde el distrito de Conchán.

- Organizaciones Locales:

La principal organización en estas zonas es la Comunidad como tal y dentro de esta se ha conformado las rondas campesinas; asimismo, se cuenta con autoridades locales como son el presidente del vaso de leche, jutas de usuarios de servicios, pensión 65, juntos, etc

- Religión:

La población del caserío profesa la religión católica en un 90% y el restante es evangélico.

- Vivienda

Las viviendas están construidas en su mayoría con material de la zona, paredes de adobe y piso de tierra, madera aserrada y techos con cobertura de calamina o teja, con la arquitectura típica de la zona, predominándose en la mayoría la mala distribución.

En cuanto a las responsabilidades de los miembros de la familia, las mujeres quienes tienen a su cargo las labores de cocinar, lavar, limpiar sus viviendas, cuidar a los niños más pequeños y a sus crianzas. Las labores de los hombres se centran mayormente en las actividades agrícolas y cuidado de los animales.

- Salud

Las localidades de Chames y San Pedro no cuentan con un puesto de salud, trasladándose estos al centro de salud de Conchán ante la eventualidad de cualquier enfermedad.

Las enfermedades más comunes en las localidades son las IRA (Enfermedades Respiratorias Agudas) seguidas de las EDA (Enfermedades diarreicas agudas), dolores de abdomen, de cabeza. Alrededor del 80% de la población infantil sufre parasitosis (DIRESA) como consecuencia del agua no tratada

- Educación

Las localidades de Chames cuenta con institución inicial, primaria y secundaria, y San Pedro solo con inicial y primaria.

- Servicios

Energía Eléctrica. Las localidades de Chames y San Pedro cuentan con un sistema de electrificación convencional.

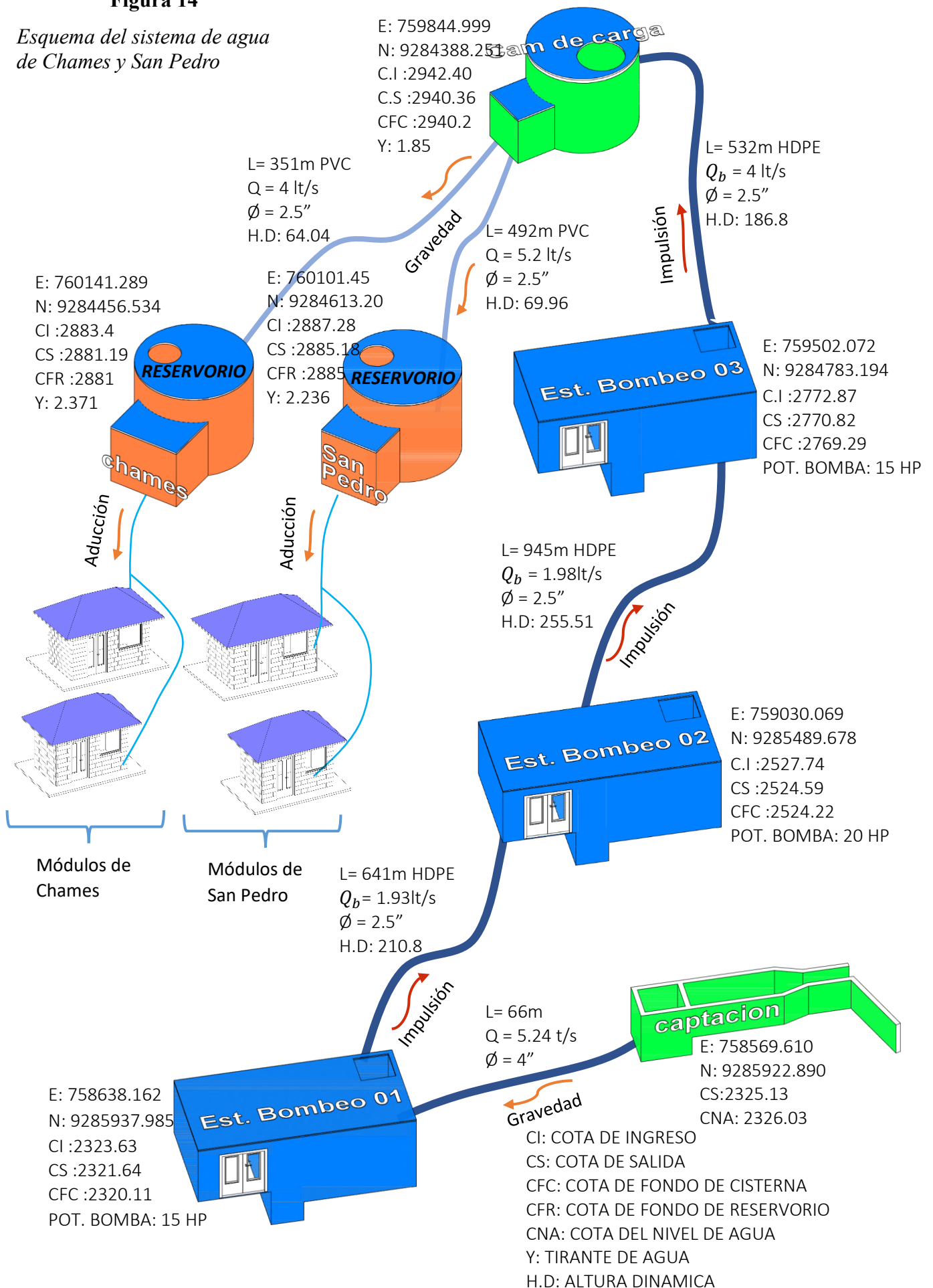
Telecomunicaciones. Las localidades de Chames y San Pedro no accede al servicio de internet ni telefonía fija. En cuanto al servicio de telefonía móvil emplean las redes de MOVISTAR, CLARO y BITEL, así mismo cuenta con sintonía de señal de radio y televisión en señal abierta.

4.2 Descripción de componentes del sistema de agua de consumo humano.

La fuente de abastecimiento para el sistema de bombeo es de un manantial de ladera denominada “LOS TRES RIITOS” ubicada en el caserío “Ojo del agua” con coordenadas E:758569.61, N: 9285922.89, altitud:2325 que pertenece al distrito de Conchán. El sistema de abastecimiento de agua de las comunidades de Chames y San Pedro es un sistema de bombeo como se muestra en el siguiente esquema:

Figura 14

Esquema del sistema de agua de Chames y San Pedro



Las comunidades de Chames y San Pedro, en el distrito de Conchán (Chota), se abastecen de agua mediante un sistema de bombeo diseñado para cubrir sus necesidades básicas. Tras el levantamiento de información en campo, se identificaron 186 beneficiarios (96 en San Pedro y 90 en Chames), lo que refleja un crecimiento moderado de la demanda hídrica en años recientes. La infraestructura consta de captación, tres estaciones de bombeo, línea de impulsión, una cámara de reunión, dos líneas de conducción, dos reservorios, líneas de aducción, cámaras rompe presión y redes de distribución adaptadas a la topografía irregular de la zona. Esta investigación describe los componentes del sistema para diagnosticar su estado actual, identificar deficiencias y evaluar propuestas de mejora.

4.2.1. Captación:

Debido al considerable caudal del manantial, se implementó una estructura tipo minibarraje ubicada a 5 metros del afloramiento; esta permite captar el volumen requerido mientras el excedente continúa su curso natural. La estructura dispone de una rejilla de protección que evita el ingreso de sólidos y material orgánico a la cámara de recolección, desde donde el agua es conducida por gravedad hacia la primera estación de bombeo.

Figura 15

Captación con mini barraje del manantial “Los Tres Riitos”





Los muros de concreto armado, de 10 cm de espesor, presentan un óptimo estado estructural dada su reciente construcción. No obstante, el acabado de pintura muestra signos de deterioro superficial.

La caja que alberga las tuberías de conducción y rebose cuenta con una tapa metálica de protección en buenas condiciones.

4.2.2. Conducción: captación – estación de bombeo 01

Para la conducción del agua hacia la primera estación de bombeo, se ha instalado una tubería de hdpe de 4" clase 10. La longitud es de 66 metros que conduce por gravedad de la captación hacia la primera estación de bombeo.

La tubería se encuentra en perfectas condiciones, por ser una tubería de alta densidad y resistente a las condiciones climáticas, parte de ella se encuentra expuesta a la intemperie esto es a la entrada de a la primera estación.

Figura 17

Conducción por gravedad: Captación – Estación de bombeo 01



4.2.3. Estación de bombeo 01, 02, 03.

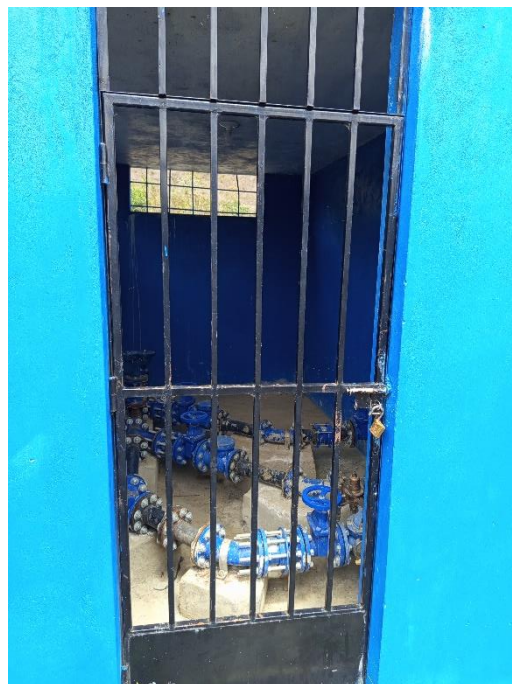
Las tres estaciones de bombeo que son típicas se describen a continuación:

Estructura: Los muros de la cámara húmeda o cisterna están contruidos en concreto armado con un espesor de 30 cm. El acabado exterior consiste en un revestimiento de mortero convencional con acabado en pintura, mientras que el interior ha sido tratado con un tarrajeo impermeabilizante. Debido a su reciente culminación en el año 2022, las estructuras presentan excelentes condiciones de conservación. El techo de la estructura es una losa maciza de 15 cm de espesor, con una tapa metálica de 1x1m, así mismo una escalera tipo gato para subir a la parte superior y una escalera de aluminio para el acceso al interior de la cisterna. Cuenta con tubos de ventilación de 6” en dos puntos. Los muros y techo de la cámara seca son de 15 cm de espesor de concreto armado de igual manera tarrajeados por dentro y por fuera; con una puerta de acceso metálica y ventanas de ventilación. La estructura dispone de una caja de válvulas para el ingreso de agua y otra independiente para la válvula de limpieza; ambas cuentan con sus respectivas tapas de protección para garantizar la seguridad y el acceso al sistema.

Figura 18

Estructura típica de las estaciones de bombeo





Cada estructura cuenta con su respectiva tubería de limpieza y de reboce ambas de 4”.

Figura 19

Tubería de limpieza



Figura 20

Tubería de reboce



Componentes: cada estación de bombeo está compuesta por dos bombas sumergibles tipo lápiz, en la estación N 01 y la estación 03 bombas de 15 HP de potencia, en la estación 02, bombas de 20 HP de potencia; y un árbol de impulsión con sus respectivos accesorios en las tres estaciones, además de tableros eléctricos para el control de las bombas.

Figura 21

Estación de bombeo 02



Figura 22

Estación de bombeo 03



Figura 23

Componente hidráulico del sistema de bombeo.



Funcionamiento: El sistema opera de forma automática mediante una lógica de control de llenado y vaciado en cada estación. El funcionamiento está regulado por dos electroniveles configurados en función cisterna (protección por bajo nivel) y función tanque (parada por llenado), los cuales comandan el encendido y apagado de las bombas de manera

alternada para optimizar su vida útil. A su vez estas bombas están controladas por tableros eléctricos que funcionan con corriente eléctrica trifásica. Estas bombas operan sumergidas en cisternas de 45m³, cumpliendo así con las especificaciones de su diseño operativo. La estructura ha sido proyectada para optimizar el rendimiento operativo de las bombas y mitigar riesgos de fallas.

Figura 24

Electro niveles que activan al apagado y encendido de las bombas



Figura 25

Tableros electricos del sistema de bombeo



Protección de las estructuras

Cada estación de bombeo dispone de un cerco perimétrico conformado por postes de madera y alambre de púas, asegurando la delimitación del área.

Figura 26

Cerco perimétrico con alambre de púas en estación de bombeo 01



4.2.4. Línea de impulsión

La línea de impulsión transporta el recurso hídrico desde la primera estación hasta la cámara de reunión, integrando en su recorrido las tres estaciones de bombeo del sistema. La línea de impulsión se ha ejecutado con tubería de HDPE de 2.5", seleccionando las clases de presión (PN) según los requerimientos del diseño hidráulico. La instalación alterna tuberías de PN 25, 20, 16, 12.5 y 10, de acuerdo con el modelamiento de presiones y la demanda del proyecto. Actualmente este sistema de bombeo trabaja cuatro días a la semana.

4.2.5. Válvula de aire

A lo largo de la línea de impulsión se han instalado válvulas de aire para optimizar la eficiencia operativa del sistema. Durante la inspección, se determinó que, si bien las válvulas se encuentran en buen estado funcional, las bridas presentan signos de oxidación que requieren atención.

Figura 27

Válvula de aire en línea de impulsión.



4.2.6. Pase aéreo.

En el tramo comprendido entre la Estación 01 y la Estación 02, la línea de impulsión cuenta con un pase aéreo. Esta estructura consiste en una tubería de acero (camisa) que protege la conducción de HDPE, asegurada en ambos extremos mediante dados de anclaje de concreto. Asimismo, se ha dispuesto un conducto metálico de menor diámetro, adosado a la tubería principal, para el guiado y protección del cableado de los electroniveles.

Figura 28

Pase aéreo en línea de impulsión



4.2.7. Cámara de carga

La cámara de carga consiste en una estructura circular de concreto armado con una capacidad de 5m³. Su función principal es recepcionar el caudal impulsado desde la última estación para su posterior distribución por gravedad hacia los reservorios de Chames y San Pedro. La estructura está conformada por muros de concreto armado con un espesor de 15 cm. La cobertura consiste en una losa plana de igual dimensión, la cual integra una tapa de inspección circular de 80 cm de diámetro y una escalera de aluminio para facilitar las labores de mantenimiento y limpieza. El interior de la estructura alberga un electronivel encargado de accionar la última estación de bombeo. Asimismo, las tuberías de salida disponen de dos canastillas. El sistema se complementa con una cámara seca, donde se ubican las válvulas de control para ambos ramales de conducción. La protección de la cámara de carga consiste en un cerco perimétrico de alambre de púas. Si bien cuenta con una puerta de ingreso, se ha identificado que el candado de seguridad se encuentra en mal estado y en desuso, comprometiendo el resguardo de la estructura.

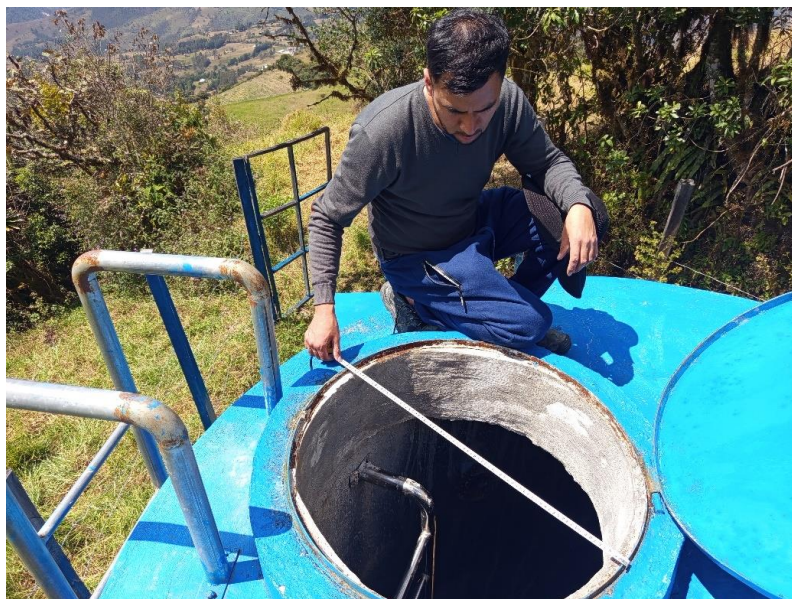
Figura 29

Cámara de carga



Figura 30

Tapa de ingreso a la Cámara húmeda en camara de carga



4.2.8. Línea de conducción.

Las líneas de conducción transportan el agua por gravedad, de manera independiente, desde la cámara de carga hacia los reservorios de Chames y San Pedro. Estas redes están constituidas por tubería de PVC Clase 10 de 2.5" de diámetro e integran dos válvulas de purga para optimizar la operatividad del sistema.

Figura 31

Válvulas de purga contiguas en las 2 líneas de conducción



Figura 32

Válvula de purga



4.2.9. Reservorio.

Los reservorios de Chames y San Pedro son típicos con una capacidad de almacenamiento de 17.8 y 16.7 m³ respectivamente (datos de aforo). Los muros de la estructura son de 20cm de espesor y con un techo en forma de cúpula de 10 cm de espesor. La cámara húmeda carece de una escalera fija de ingreso para su limpieza y mantenimiento y cuenta con una tapa de 0.80 cm de diámetro. El control de ingreso del agua es mediante una válvula de ingreso en la cámara seca y una válvula flotadora en la cámara húmeda, cuenta con una canastilla de salida y tubería de aducción de 2" para ambas comunidades. La tubería de ingreso es de 2,5" y las de limpia y reboce de 3" para ambos reservorios. Cuenta con una cámara seca donde se encuentra las válvulas tanto de ingreso de salida de limpieza y reboce, carece de válvula bypass. Cuenta con una caseta de cloración con un tanque de 1100 lt en desuso. Para acceder a la caseta y a la cámara húmeda es a través de una escalera de acero galvanizado instalada en el muro del reservorio. Cada reservorio cuenta con un cerco perimétrico con malla de alambre galvanizado.

Figura 33

Reservorio típico con sus componentes



4.2.10. Línea de aducción y redes de distribución.

Las líneas de aducción para Chames y San Pedro emplean tubería de 2", con recorridos cortos hasta su empalme con las redes de distribución. Estas últimas presentan diámetros de 1 1/2", 1", y de 3/4" culminando en conexiones domiciliarias de 1/2" que abastecen directamente a cada uno de los beneficiarios del proyecto.

4.2.11. Cámaras rompe presión

Debido a la accidentada topografía de la zona, el proyecto ha requerido la instalación de numerosas Cámaras Rompe Presión (CRP) Tipo VII. Estas estructuras permiten disipar las presiones excesivas en la red, garantizando así la integridad de la tubería y optimizando la operatividad de todo el sistema. Cada cámara rompe presión cuenta con una cámara húmeda y una cámara seca, en la cámara seca se encuentra la válvula de control. Y en la

cámara húmeda una válvula flotadora con una tubería de reboce, además de una tubería de ventilación. Ambas cámaras cuentan con su respectiva tapa metálica. En el sistema existen un total de 72 cámaras rompe presión tipo VII, 34 en San Pedro y 38 en Chames.

Figura 34

Cámara rompe presión tipo VII



4.2.12. Conexiones domiciliarias.

En la localidad de Chames existen 90 conexiones domiciliarias en funcionamiento. Y la localidad de San Pedro existen 96 conexiones domiciliarias en funcionamiento.

Figura 35

Modulo UBS típico



4.3 Estimar el caudal de funcionamiento.

4.3.1. Volúmenes de almacenamiento de las estructuras:

ESTACIÓN 01: La Estación 01 presenta una geometría casi cuadrangular, con dimensiones de 3.625m de ancho por 3.63m de largo. Cuenta con un tirante de agua total de 3.60m, cota en la que se ubica la tubería de rebose. Debido a que el electronivel de parada se posiciona a 1.20m sobre el nivel de piso, el tirante de agua útil se reduce a 2.40m, lo que resulta en una capacidad de bombeo efectiva de 31.58m³.

Figura 36

Estación de bombeo 01 permanece siempre llena.



ESTACIÓN 02: La Estación 02 presenta de igual manera sección casi cuadrangular de 3.612m por 3.625m. El tirante máximo de agua es de 3.50m, mientras que la tubería de rebose se sitúa a 3.60m sobre el nivel del piso. Dado que el electronivel de seguridad se encuentra posicionado a 1.20m de altura, se establece un tirante útil de 2.30m, lo que representa una capacidad operativa de bombeo de 30.11m³. Cabe destacar que el ingreso del caudal está automatizado mediante el control de nivel.

Figura 37

Estación 02 completamente llena.



ESTACION 03: La Estación 03 de igual manera casi cuadrangular, con dimensiones de 3.67m de ancho por 3.653m de largo. El tirante de agua máximo es de 3.50m, mientras que el rebose se ubica a una cota de 3.60m respecto al nivel del piso. Considerando que el electronivel de parada se sitúa a 1.19m de altura, se establece un tirante útil de 2.31m, resultando en una capacidad operativa de bombeo de 30.969m³. El control de ingreso de agua está automatizado mediante el sistema de electroniveles.

Figura 38

Bombeo continuo en estación 03



CAMARA DE CARGA: La cámara de carga tiene una geometría circular, con un radio de 1m, una altura de tirante de agua de 1.85, la altura a la que se ubica las canastillas de salida desde el nivel del piso es de 0.22 hasta los ejes de salida, por lo que la altura útil es de tirante de agua es de 1.63 con estos datos el reservorio tiene una capacidad útil de 5.12m³. El reboce se ubica a 2.05m del piso, y el ingreso del agua es controlada a través de un electronivel.

Figura 39

Bombeo continuo en cámara de carga.



RESERVORIO DE CHAMES: El reservorio de chames es de geometría circular, con un radio de 1.614m, una altura de tirante de agua de 2.371m, la altura a la que se ubica la canastilla de salida desde el nivel del piso es de 0.185 hasta su eje, por lo que la altura útil es de tirante de agua es de 2.186. con estos datos el reservorio tiene una capacidad útil de 17.879m³. El reboce se ubica a 2.40m del piso, y el ingreso del agua es controlada a través de una válvula flotadora cuando la válvula de control está abierta.

Figura 40

Llenado de reservorio de Chames.



RESERVORIO DE SAN PEDRO: El reservorio de san pedro también es de geometría circular, con un radio de 1.617, una altura de tirante de agua de 2.236, la altura a la que se ubica la canastilla de salida desde el nivel del piso es de 0.19 hasta su eje, por lo que la altura útil es de tirante de agua es de 2.046 con estos datos el reservorio tiene una capacidad útil de 16.795m³. El reboce se ubica a 2.25m del piso, y el ingreso del agua es controlada a través de una válvula flotadora cuando la válvula de control está abierta.

4.3.2. Descripción del servicio

Forma de funcionamiento y días de uso: El sistema de bombeo de las comunidades de Chames y San Pedro tienen un sistema de uso establecido de 4 días a la semana, de los cuales 2 días son para la comunidad de San Pedro y 2 días para la comunidad de Chames. La comunidad de Chames ha establecido su uso del agua los días lunes y martes, y la comunidad de San Pedro los días viernes y sábado, por lo que el uso o disponibilidad del agua no está a la orden del día, disponiendo la población su uso mediante el almacenamiento en tanques y cisternas. El horario de inicio de consumo de agua comienza a las 8am para ambas comunidades, momento en el que los vigilantes abren la llave de aducción. La culminación del servicio está en función del almacenamiento del agua en sus tanques de almacenamiento de los pobladores, por lo que generalmente el vigilante cierra a las válvulas cuando todos han llenado.

Figura 41

Almacenamiento de agua en la comunidad de San Pedro. Las familias tienen al menos un tanque y algunas tienen 2 con los cuales se abastecen de agua para toda la semana.



Figura 42

Almacenamiento de agua en cisterna y tanque en la comunidad de Chames.



Sistema de bombeo: El sistema de bombeo funciona de manera automática a través de electroniveles. En la primera estación, existe un solo electronivel el cual tiene la función de cisterna que, debido a la gran cantidad de agua que ingresa desde el manantial en la estación 01, sobrepasa la demanda, por lo que existe un reboce constante en esta estación permaneciendo siempre llena, lo que a su vez el electronivel está activo constantemente para la función de bombeo. El agua que ingresa a esta estación es por gravedad a través de un tubo de HDPE de 4”.

La Estación 02 cuenta con dos electroniveles; el superior, configurado en función tanque, comanda el arranque de la bomba en la Estación 01. Los límites de acción están calibrados para que la activación ocurra tras un descenso de 60 cm desde su capacidad máxima. Este rango de operación actúa como un margen de seguridad para estabilizar el flujo y reducir la frecuencia de arranques y paradas de los equipos. El segundo electronivel, configurado en función cisterna, establece un límite de seguridad a 1.20 m sobre el nivel del piso. Esta holgura garantiza que la cisterna no se descargue por completo, manteniendo un tirante mínimo de agua que asegura la sumergencia de las bombas y evita daños mecánicos por succión de aire o cavitación. En la tercera estación de bombeo, funciona de la misma manera de la segunda estación.

En cada estación existen 2 bombas las que funciona de manera alternada durante cada ciclo de bombeo que generalmente es un día en el que el servicio está en funcionamiento. Las bombas que se usan en el sistema son bombas sumergibles tipo lápiz de 15 y de 20 HP que funcionan con energía trifásica, las cuales cuentan con energía de alta tensión las 24 horas del día.

Figura 43

Bombas sumergibles de 20 HP. Estación 02



4.3.3. Aforos:

Con el fin de cuantificar el consumo de ambas comunidades, se ha determinado la volumetría de almacenamiento de los reservorios y de la cámara de carga. Asimismo, se ha calculado el caudal de ingreso a esta última y los tiempos de operación del sistema de bombeo desde la Estación N° 03, permitiendo establecer el balance hídrico del proyecto.

Durante los aforos de campo, se constató que el tramo entre la Estación 01 y la Estación 02 opera bajo un régimen de bombeo continuo durante el día de servicio. Esto se debe a que el caudal de salida de la segunda estación es prácticamente equivalente al caudal de ingreso, manteniendo un equilibrio dinámico en el almacenamiento de la cisterna. De igual manera, se verificó un régimen de bombeo continuo entre la Estación 02 y la Estación 03. Los datos de campo indican que el caudal de ingreso a la Estación 03 es ligeramente superior al recibido en la Estación 02, lo que garantiza la continuidad operativa del sistema y asegura un nivel de almacenamiento positivo en la tercera unidad de bombeo. A diferencia de los tramos anteriores, el transporte desde la Estación 03 hacia la cámara de carga opera mediante ciclos intermitentes. Debido a que el caudal de bombeo supera significativamente al caudal de ingreso a la cisterna, la estación se descarga en un intervalo de tiempo determinado, requiriendo un periodo de recuperación o recarga antes de iniciar un nuevo ciclo de impulsión.

AFORO DE MANANTIAL DE LADERA: “LOS TRES RITOS”

Fecha: martes 19 de agosto del 2025

Método del flotador: Para la determinación del caudal del manantial de ladera, se empleó el método del flotador en un tramo rectilíneo de 3 metros de longitud. Se realizaron mediciones transversales para obtener el área promedio de la sección hidráulica, cuyas variaciones se detallan en la **Tabla 6**. Este procedimiento permitió calcular la velocidad superficial del agua del caudal de la fuente.

Figura 44

Esquema de las secciones medidas en el manantial “Los Tres Ritos”.

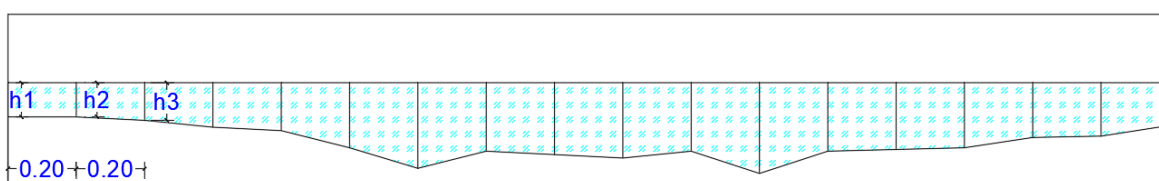


Tabla 6. Cálculos de áreas en secciones medidas del manantial “Los Tres Riitos”

Sección 01					Sección 02					Sección 03				
hn	(h1+h2)/2	Dist. Horizontal	Dist. Horizontal acumulada	Área	hn	(h1+h2)/2	Dist. Horizontal	Dist. Horizontal acumulada	Área	hn	(h1+h2)/2	Dist. Horizontal	Dist. Horizontal acumulada	Área
0.100					0.120					0.110				
0.100	0.100	0.20	0.20	0.020	0.110	0.115	0.20	0.20	0.023	0.115	0.113	0.20	0.20	0.023
0.110	0.105	0.20	0.40	0.021	0.100	0.105	0.20	0.40	0.021	0.120	0.118	0.20	0.40	0.024
0.130	0.120	0.20	0.60	0.024	0.120	0.110	0.20	0.60	0.022	0.140	0.130	0.20	0.60	0.026
0.140	0.135	0.20	0.80	0.027	0.120	0.120	0.20	0.80	0.024	0.120	0.130	0.20	0.80	0.026
0.190	0.165	0.20	1.00	0.033	0.105	0.113	0.20	1.00	0.023	0.110	0.115	0.20	1.00	0.023
0.250	0.220	0.20	1.20	0.044	0.120	0.113	0.20	1.20	0.023	0.120	0.115	0.20	1.20	0.023
0.200	0.225	0.20	1.40	0.045	0.125	0.123	0.20	1.40	0.025	0.130	0.125	0.20	1.40	0.025
0.210	0.205	0.20	1.60	0.041	0.200	0.163	0.20	1.60	0.033	0.210	0.170	0.20	1.60	0.034
0.220	0.215	0.20	1.80	0.043	0.170	0.185	0.20	1.80	0.037	0.180	0.195	0.20	1.80	0.039
0.200	0.210	0.20	2.00	0.042	0.190	0.180	0.20	2.00	0.036	0.195	0.188	0.20	2.00	0.038
0.265	0.233	0.20	2.20	0.047	0.225	0.208	0.20	2.20	0.042	0.240	0.218	0.20	2.20	0.044
0.200	0.233	0.20	2.40	0.047	0.250	0.238	0.20	2.40	0.048	0.250	0.245	0.20	2.40	0.049
0.195	0.198	0.20	2.60	0.040	0.210	0.230	0.20	2.60	0.046	0.225	0.238	0.20	2.60	0.048
0.190	0.193	0.20	2.80	0.039	0.195	0.203	0.20	2.80	0.041	0.190	0.208	0.20	2.80	0.042
0.160	0.175	0.20	3.00	0.035	0.170	0.183	0.20	3.00	0.037	0.190	0.190	0.20	3.00	0.038
0.156	0.158	0.20	3.20	0.032	0.140	0.155	0.20	3.20	0.031	0.150	0.170	0.20	3.20	0.034
0.125	0.141	0.20	3.40	0.028	0.120	0.130	0.20	3.40	0.026	0.140	0.145	0.20	3.40	0.029
Área total 1 =				0.606	0.130	0.125	0.20	3.60	0.025	0.130	0.135	0.20	3.60	0.027
					Área total 1 =				0.559	Área total 1 =				0.589

Área promedio: $(A1+A2+A3) / 3 = 0.585$

Distancia que recorre el flotador: 3m

Tiempo que recorre el flotador:

Tabla 7. *Tiempos que recorre el flotador*

N de veces	t1	t2	t3	t4	t5	promedio
tiempos (s)	2.66	2.73	2.71	2.7	2.64	2.68

Velocidad = $\frac{D}{T} = 1.116 \text{ m/s}$

Caudal = $V * A = 0.652 \text{ m}^3/\text{s} = 652.418 \text{ l/s}$

Figura 45

Aforo de manantial “Los Tres Ritos”: Medición de profundidades.



Figura 46

Aforo de manantial “Los Tres Ritos”: Determinación de velocidad con flotador.



Aforo de caudal de ingreso a la Estación 01:

Para determinar el caudal de ingreso en la Estación 01, se empleó el método volumétrico utilizando un recipiente graduado de 21 litros y un cronómetro. La medición se efectuó en la tubería de rebose durante un periodo de inactividad del sistema; bajo esta condición, el volumen de salida por rebose equivale a la totalidad del caudal de entrada.

Vol. Del recipiente = 21lt

Tabla 8. *Calculo de caudal que ingresa a la estación 01*

N de veces	t1	t2	t3	t4	t5
tiempos (s)	4.12	3.85	4.23	3.96	3.9
Q (lt/s)=	5.097	5.455	4.965	5.303	5.385
Q. promedio =	5.24 lt/s				

Figura 47

Aforo del caudal que ingresa a la estación 01.



Aforo del caudal de ingreso estación 02.

El aforo realizado en la estación 02 se ha realizado mediante el método volumétrico, se han obtenido datos de las dimensiones de la cisterna: ancho= 3.625m largo=3.612m, con la ayuda de cronometro y una wincha se ha medido los desniveles con respecto a los tiempos controlados y las mediciones se han hecho a partir de un punto de referencia.

Tabla 9. *Aforo del caudal de ingreso estación 02*

FECHA	LUNES 18 DE AGOSTO		MARTES 19 DE AGOSTO		VIERNES 22 DE AGOSTO	
N° DE VECES	1	2	3	4	5	6
AREA ESTACION 02 (m2)	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09	13.09
TIEMPO	27',27.69"	10',9.74"	20',15.9"	22',02.28"	24',50.36"	18',14.47"
ALTURA LLENADA (m)	0.235	0.093	0.176	0.195	0.225	0.166
VOL (lt)	3076.97	1217.70	2304.46	2553.23	2946.04	2173.52
Q (lt/s)	1.87	2.00	1.90	1.93	1.98	1.88
PROMEDIO	1.93 lt/s					

Aforo del caudal de ingreso estación 03.

El aforo realizado en la estación 03, se han obtenido datos de las dimensiones de la cisterna: ancho= 3.67m largo=3.653m, usando el mismo método para estación 02.

Tabla 10. *Aforo del caudal de ingreso a estación 03*

FECHA	LUNES 18 DE AGOSTO		MARTES 19 DE AGOSTO		VIERNES 22 DE AGOSTO	
N° DE VECES	1	2	3	4	5	6
AREA ESTACION 03 (m2)	13.41	13.41	13.41	13.41	13.41	13.41
TIEMPO	15',55.16"	11',24.85"	12',23.56"	14',38.8"	13',15.65"	13',53.32"
ALTURA LLENADA (m)	0.145	0.10	0.111	0.125	0.115	0.125
VOL (lt)	1943.94	1340.65	1488.12	1675.81	1541.75	1675.81
Q (lt/s)	2.04	1.96	2.00	1.91	1.96	2.01
PROMEDIO	1.98 lt/s					

Aforo del caudal de ingreso cámara de carga.

El aforo realizado en la cámara de carga, se han obtenido datos de las dimensiones de la cisterna: radio= 1m, usando el mismo método para la estación 03

Tabla 11. *Aforo del caudal de ingreso a cámara de carga.*

FECHA	LUNES 25 DE AGOSTO			MARTES 26 DE AGOSTO		
N° DE VECES	1	2	3	4	5	6
AREA DE LA CAMARA (m2)	3.142	3.142	3.142	3.142	3.142	3.142
TIEMPO	13',55.70"	11',24.10"	12',48.35"	13',05.05"	13',55.70"	13',55.70"
ALTURA LLENADA (m)	1.062	0.87	0.98	0.995	0.85	0.97
VOL (lt)	3336.371	2733.186	3078.761	3125.885	2670.354	3047.345
Q (lt/s)	3.992	3.995	4.023	3.982	3.884	4.175
PROMEDIO	4.009 lt/s					

Aforo del caudal de ingreso en reservorio de Chames.

El aforo del caudal de entrada en los reservorios de Chames y San Pedro tiene un propósito informativo y de control. Se determinó que, al iniciar el suministro matutino, el caudal de descarga de la cámara de carga supera significativamente al de ingreso, agotando el volumen almacenado. A partir de ese punto, el sistema entra en un régimen de flujo constante $Q = 4 \text{ l/s}$, donde el caudal que llega a los reservorios es idéntico al caudal de alimentación de la cámara, debido a que la demanda de la red es superior a la oferta de la fuente de bombeo.

Figura 48

Aforo caudal de ingreso reservorio chames.



Para el aforo en el reservorio de Chames, se empleó el método volumétrico, conocemos el radio = 1.614m. Utilizando un cronómetro y una cinta métrica (wincha), se registraron los desniveles respecto a un punto de referencia fijo en intervalos de tiempo controlados, permitiendo calcular con precisión el caudal de ingreso.

Tabla 12. *Aforo del caudal de ingreso en el reservorio de Chames*

FECHA	29/09/2025		30/09/2025	
N° DE VECES	1	2	3	4
AREA DEL RESERVORIO (m2)	8.184	8.184	8.184	8.184
TIEMPO	16',32.51"	14',50.49"	15',21.23"	15',55.56"
ALTURA LLENADA (m)	0.745	0.67	0.69	0.72
VOL (lt)	6096.958	5483.170	5646.847	5892.362
Q (lt/s)	6.143	6.164	6.130	6.166
PROMEDIO	6.15 lt/s			

Aforo del caudal de ingreso en reservorio de San Pedro.

Usando el mismo método en el reservorio de San Pedro, conocemos el radio de la cisterna: Radio = 1.617m. Con la ayuda de cronometro y una wincha se ha medido los desniveles a partir de un punto de referencia, cronometrando los tiempos de llenado para determinar el flujo de ingreso con precisión técnica.

Tabla 13. *Aforo del caudal de ingreso en reservorio de San Pedro*

FECHA	29/09/2025		30/09/2025	
N° DE VECES	1	2	3	4
AREA DEL RESERVORIO (m2)	8.214	8.214	8.214	8.214
TIEMPO	16',32.51"	14',50.49"	15',21.23"	15',55.56"
ALTURA LLENADA (m)	0.505	0.381	0.44	0.483
VOL (lt)	4148.215	3129.644	3614.287	3967.501
Q (lt/s)	5.088	5.100	5.049	5.150
PROMEDIO	5.10 lt/s			

4.3.4. Caudales de consumo y coeficientes de variación: San Pedro.

Conforme a la descripción operativa, el sistema abastece a cada comunidad dos días por semana, volumen que debe satisfacer la demanda de los días restantes. Ante la falta de medidores de consumo, el consumo se determinó mediante el control del tiempo de bombeo hacia la cámara de carga, dado que el caudal es una variable conocida y sumando el volumen neto útil del reservorio y de la cámara de carga, deduciendo finalmente el excedente registrado al cierre del servicio.

También es necesario mencionar que, durante el registro del tiempo de bombeo hacia la cámara de carga, se constató que existe un tiempo de bombeo de 3horas con 42 minutos como máximo y 3horas con 38minutos como mínimo (registrados en campo cuando la estación 03 está llena durante la mañana), tiempo en el que la bomba ha impulsado toda el agua hasta el nivel mínimo de la estación 03, esto da acceso a un lapso de tiempo de 1hora con 55 minutos como máximo y 1hora con 50 minutos como mínimo (registrados en campo) para que la cisterna de la estación 3 se vuelva a llenar un determinado volumen para nuevamente volver a bombear por 1 hora 30min 10 seg 14centesimas como máximo y 1 hora 25min 56 seg 12centesimas como mínimo. (tiempo registrado en campo).

Cabe precisar que el levantamiento de datos se llevó a cabo durante el periodo de estiaje (específicamente en los meses de agosto y septiembre), lo cual representa las condiciones más críticas de disponibilidad del recurso hídrico para el sistema.

Tiempos de bombeo en días de consumo San Pedro:

Se realizó un monitoreo detallado de los ciclos de operación de la Estación N° 03ª la cámara de carga. Por ejemplo, el viernes 29 de agosto se registró un primer ciclo de bombeo continuo de 03horas 39min, iniciando a las 08:27 y finalizando a las 12:06. Posteriormente, el sistema requirió un periodo de recarga de la cisterna de 01hora 54min antes de iniciar un segundo ciclo de 01hora 28min, el cual concluyó a las 15:29. Estos intervalos confirman que la capacidad de impulsión supera la tasa de alimentación de la estación, obligando a una operación por tandas. Durante la jornada del sábado, se replica el proceso operativo con una variante en la gestión de válvulas. Al concluir la primera etapa de bombeo, se procede al cierre de la válvula de aducción, toda vez que los tanques domiciliarios han alcanzado su capacidad máxima.

Tabla 14. *Tiempo de bombeo de la estación 03 a la cámara de carga para San Pedro*

SEMANA	FECHA	HORA DE INICIO	TIEMPOS DE BOMBEO	TOTAL
1	VIERNES 29 DE AGOSTO	8:27 a. m.	3 horas 39 min 00 seg 26 centésimas	5 horas 7 min 50 seg 79 centésimas
		14:00 p.m.	1 hora 28 min 50 seg 53 centésimas	
	SABADO 30 DE AGOSTO	8:33 a. m.	3 horas 37 min 57 seg 26 centésimas	3 horas 37 min 57 seg 26 centésimas
2	VIERNES 05 DE SEPTIEMBRE	8:23 a. m.	3 horas 40 min 12 seg 98 centésimas	5 horas 9 min 48 seg 03 centésimas
		14:00 p.m.	1 hora 29 min 35 seg 05 centésimas	
	SABADO 06 DE SEPTIEMBRE	8:24 a. m.	3 horas 42 min 50 seg 41 centésimas	3 horas 42 min 06 seg 31 centésimas
3	VIERNES 12 DE SEPTIEMBRE	8:25 a. m.	3 horas 38 min 50 seg 41 centésimas	5 horas 4 min 46 seg 53 centésimas
		14:00 p.m.	1 hora 25 min 56 seg 12 centésimas	
	SABADO 13 DE SEPTIEMBRE	8:36 a. m.	3 horas 40 min 41 seg 54 centésimas	3 horas 40 min 41 seg 54 centésimas
4	VIERNES 19 DE SEPTIEMBRE	8:25 a. m.	3 horas 41 min 08 seg 10 centésimas	5 horas 11 min 18 seg 24 centésimas
		14:00 p.m.	1 hora 30 min 10 seg 14 centésimas	
	SABADO 20 DE SEPTIEMBRE	8:32 a. m.	3 horas 39 min 17 seg 00 centésimas	3 horas 39 min 17 seg 00 centésimas

Medición de volúmenes en los días de consumo:

Teniendo en cuenta que el tiempo de bombeo no es continuo, se detalla a continuación como se ha calculado el volumen consumido en un día de servicio para la comunidad de San Pedro. Tener en cuenta que el vigilante cierra la válvula de aducción por la tarde existiendo un sobrante de agua en el reservorio, ese tirante medido se resta al consumo total del día.

Tabla 15. *Tirante sobrante en los días de consumo.*

Fecha	Tirante sobrante (m)
VIERNES 29 DE AGOSTO	0.24
SABADO 30 DE AGOSTO	0.76
VIERNES 05 DE SEPTIEMBRE	0.20
SABADO 06 DE SEPTIEMBRE	1.28
VIERNES 12 DE SEPTIEMBRE	0.35
SABADO 13 DE SEPTIEMBRE	0.88
VIERNES 19 DE SEPTIEMBRE	0.35
SABADO 20 DE SEPTIEMBRE	1.1

El inicio del servicio comienza a las 8 am, al momento que el vigilante abre la válvula de aducción, el reservorio y la cámara de carga están llenos, por lo que al haber una descarga progresiva del reservorio también la cámara de carga se descarga gradualmente, esta descarga continua antes de que el electronivel en la cámara de carga llegue a su tope mínimo para que se active (0.40m encima de la canastilla) dando el inicio del bombeo, los tiempos de inicio se indican en la tabla 14.

➤ **Ejemplo de cálculo de volumen. (viernes 29 de agosto)**

- Vol. Reservorio (V.R) = 16,806.43 tl
- Vol de la cámara de carga (Vcc) = 5,120.80 lt
- Radio del reservorio = 1.617m
- Caudal de bombeo que ingresa en la cámara de carga = 4lt/s
- Altura sobrante = 0.24m (viernes 29 de agosto)
- t1= 3horas 39 min 00 seg 26 centésimas

Hora de inicio: 08:27 am

- Volumen V1 de 08:27am-09:00 am = $4\text{lt/s} \cdot (33 \cdot 60) = 7920 \text{ lt}$
- Volumen V2 de 09:00 am-10:00 am = $4\text{lt/s} \cdot (60 \cdot 60) = 14400 \text{ lt}$
- Volumen V3 de 10:00 am-11:00 am = $4\text{lt/s} \cdot (60 \cdot 60) = 14400 \text{ lt}$

- Volumen V4 de 11:00 am-12:00 am = $4\text{lt/s} \cdot (60 \cdot 60) = 14400 \text{ lt}$
- Volumen V5 de 12:00 am-12:06 pm = $4\text{lt/s} \cdot (6 \cdot 60 + 0.26) = 1441.04 \text{ lt}$
- $t_2 = 1 \text{ hora } 28\text{min } 50 \text{ seg. } 53\text{centesimas}$
- Volumen V6 de 14:00 pm-15:00 pm = $4\text{lt/s} \cdot (60 \cdot 60) = 14400 \text{ lt}$
- Volumen V7 de 15:00 pm-15:28 pm = $4\text{lt/s} \cdot (28 \cdot 60 + 50.53) = 6922.12 \text{ lt}$

Volumen Sobrante:

- Volumen sobrante (V_s) = $\pi \cdot R^2 \cdot H = \pi \cdot 1.617^2 \cdot 0.24 = 1971.43 \text{ lt}$
- Volumen de consumo del día = $V. R + V_{cc} + V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 - V_s = 93,839.83 \text{ lt}$

Tabla 16. *Registro de consumo de volúmenes por día*

REGISTRO DE CONSUMO DE VOLUMENES POR DIA DE USO DEL SISTEMA													
semana 01	VIERNES 29 DE AGOSTO	tiempo de bombeo	3horas 39 min 00 seg. 26 centésimas					Recarga		1 hora 28min 50 seg. 53centesimas			vol. de consumo
		hora	08:27 - 09:00	09:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 12:06	12:06 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00	15:00 - 15:28	sobrante	
		vol.(lt)	7,920.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	1,441.04			14,400.00	6,922.12	1,971.43	
	SABADO 30 DE AGOSTO	tiempo de bombeo	3horas 37 min 57 seg. 26 centésimas										
		hora	08:33 - 09:00	09:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 12:10	sobrante					
		vol.(lt)	6,480.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	2,629.04	6,242.86					
semana 02	VIERNES 05 DE SEPTIEMBRE	tiempo de bombeo	3horas 40 min 12 seg. 98 centésimas					Recarga		1 hora 29min 35 seg. 05centesimas			
		hora	08:23 - 09:00	09:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 12:06	12:06 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00	15:00 - 15:27	sobrante	
		vol.(lt)	8,880.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	771.92			14,400.00	7,100.20	1,642.858	
	SABADO 06 DE SEPTIEMBRE	tiempo de bombeo	3horas 42 min 06 seg. 31 centésimas										
		hora	08:24 - 09:00	09:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 12:02	sobrante					
		vol.(lt)	8,640.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	1,465.24	10,514.29					
semana 03	VIERNES 12 DE SEPTIEMBRE	tiempo de bombeo	3horas 38 min 27 seg. 41 centésimas					Recarga		1 hora 25min 56 seg. 12centesimas			
		hora	08:24 - 09:00	09:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 12:06	12:06 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00	15:00 - 15:27	sobrante	
		vol.(lt)	8,640.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	681.64			14,400.00	6,224.48	2,875.001	
	SABADO 13 DE SEPTIEMBRE	tiempo de bombeo	3horas 40 min 41 seg. 54 centésimas										
		hora	08:36 - 09:00	09:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 12:16	sobrante					
		vol.(lt)	5,760.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	3,526.16	7,228.57					
semana 04	VIERNES 19 DE SEPTIEMBRE	tiempo de bombeo	3horas 41 min 08 seg. 10 centésimas					Recarga	Recarga	1 hora 30min 10 seg. 14centesimas			
		hora	08:25 - 09:00	09:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 12:06	12:06 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 15:00	15:00 - 15:27	sobrante	
		vol.(lt)	8,400.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	1,472.14			14,400.00	7,240.56	2,875.001	
	SABADO 20 DE SEPTIEMBRE	tiempo de bombeo	3horas 39 min 17 seg. 00 centésimas										
		hora	08:32 - 09:00	09:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 12:16	sobrante					
		vol.(lt)	6,720.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	2,708.00	9,117.86					

Resumen de consumo de agua por semana:

Debido a que el servicio se da dos días a la semana, se suma los consumos de estos dos días, resultando el consumo semanal.

Tabla 17. *Consumo semanal San Pedro*

SEMANA	FECHA:	VOLUMEN (lt)	TOTAL SEMANAL (lt)
1	VIERNES 29 DE AGOSTO	93,839.83	161,833.24
	SABADO 30 DE AGOSTO	67,993.41	
2	VIERNES 05 DE SEPTIEMBRE	94,636.49	159,354.67
	SABADO 06 DE SEPTIEMBRE	64,718.18	
3	VIERNES 12 DE SEPTIEMBRE	92,198.35	159,383.16
	SABADO 13 DE SEPTIEMBRE	67,184.82	
4	VIERNES 19 DE SEPTIEMBRE	93,764.93	159,202.30
	SABADO 20 DE SEPTIEMBRE	65,437.369	

4.2.4.1. Dotación:

Dado que el servicio no se da diariamente, no es posible tener un registro de consumo por días, por lo que, para poder calcular la dotación, dividimos este consumo semanal entre los 7 días de la semana, siendo este valor igual para todos los días de una semana, variando mínima y únicamente los registros semanales. El caserío de San Pedro cuenta con una población de 430 personas.

Tabla 18. *Dotación*

	Consumo semanal (lt)	Consumo diario (lt)	Consumo por persona	Promedio
semana 1	161,833.240	23,119.034	53.77	53.14
semana 2	159,354.672	22,764.953	52.94	
semana 3	160,103.164	22769.023	52.95	
semana 4	159,202.297	22,743.185	52.89	

Se ha determinado una dotación real de 53.14 lt/hab/día, este volumen satisface los requerimientos mínimos de consumo básico, lo cual se ve reforzado por los resultados de las encuestas socioeconómicas, donde la población manifiesta un uso restringido de los servicios sanitarios con el fin de optimizar y ahorrar el recurso hídrico disponible. Por lo que para un sistema sin arrastre hidráulico cumple con los parámetros mínimos.

4.2.4.2. Caudal medio y caudal máximo diario.

Utilizando los datos de consumo diario registrados y aplicando la Ecuación 1, se procedió al cálculo del Caudal medio diario Q_m y el Caudal Máximo Diario Q_{md} . Para este análisis, se consideró que cada valor Q_{mi} representa el promedio de los 7 días de la semana:

Tabla 19. *Caudal medio y caudal máximo diario*

	Consumo diario (lt)	Q_{mi}	Q_m (lt/s)	Q_{md} (lt/s)
semana 1	23,119.034	0.268		
semana 2	22,764.953	0.263	0.264	0.268
semana 3	22,769.023	0.264		
semana 4	22,743.185	0.263		

De los datos de la tabla, obtenemos como $Q_m = 0.264$ y $Q_{md} = 0.268$ lt/s. estos caudales han sido calculados teniendo en cuenta las fórmulas definiciones y procedimientos para su cálculo, lo que significa que son valores representativos para un día del año. Sin embargo, la demanda poblacional actual es satisfecha en periodos reducidos.

4.2.4.3. Coeficiente de variación diaria K1:

$$K1 = \frac{\text{caudal maximo diario } (Q_{md})}{\text{caudal medio } (Q_m)} = \frac{0.268}{0.267} = 1.012$$

Tenemos un coeficiente de variación diaria K1 con tendencia a la unidad. Este comportamiento se debe a la forma de uso del sistema, el cual se basa en el almacenamiento y al no registrarse variaciones diarias significativas entre el día de máxima demanda y un promedio diario.

4.2.4.4. Coeficiente de variación horaria K2:

Complementariamente al control en la cámara de carga, se analizó el comportamiento horario del reservorio durante los días de servicio. La medición del consumo se realizó mediante la instalación de una regla de madera, que permitió registrar las variaciones de nivel durante cada hora respecto a un punto de referencia fijo. Dado que el escenario de medición presenta ingresos y salidas de agua simultáneos, el cálculo del volumen consumido se determinó mediante un balance hídrico, integrando los datos de los aforos y los tiempos de llenado de la cámara de carga previamente registrados.

También debemos mencionar que a la hora de inicio del bombeo (08:27 para la semana analizada), la cámara de carga se encuentra casi vacía debido a la descarga. El

electronivel se encuentra en una altura previa a activar la bomba (0.40m por encima de la canastilla), y como el caudal de salida es mayor al caudal de ingreso (datos de aforo) la cámara de carga se encontrará vacía en poco tiempo. Por lo que, en el transcurso del tiempo, el agua que ingresa a la cámara de carga, no se almacena si no que pasa directo hacia el reservorio.

Figura 49

Medición de desniveles en días de consumo en reservorio.



Se ha elaborado la siguiente tabla a conveniencia en donde se muestra los registros del reservorio a medida que transcurre el tiempo obteniéndose la siguiente información:

Ejemplo cálculo de volumen de 08:00am a 09:00am

Escenario antes de abrir la válvula de aducción: reservorio lleno y cámara de carga llena.

Escenario a las 9 de la mañana: reservorio semilleno y cámara de carga vacía a nivel de la canastilla (agua que llega pasa directo al reservorio).

Tirante del reservorio: 2.236 m

- Vol. del reservorio:

Desnivel de 08:00 am- 09:00am $H = 1.246\text{m}$

$$V1 = \pi r^2 H = \pi * 1.617^2 * 1.246 = 10,235 \text{ lt}$$

- Vol. de la cámara de carga:

$$V2 = 5120.80 \text{ lt}$$

- Vol. De bombeo desde las 08:27 am hasta las 09:00 am

$$V3 = 7920 \text{ lt}$$

- Vol. De ingreso $V2+V3= 13,040.80 \text{ lt}$

- VOL. TOTAL = $V1+V2+V3 = 23,275.8$

Tabla 20. Escenario ejemplo del cálculo de volumen (29 agosto)

VIERNES 29 DE AGOSTO									
HORA	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
LECTURA (m)	2.236	0.99	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
DESNIVEL (m)		1.246	0.77	0	0	0	0	0	0
VOL. RESERVORIO (lt)		10,235.00	6,325.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
VOL. DE INGRESO (lt)		13,040.80	14,400.00	14,400.00	14,400.00	1,441.04	Recarga	14,400.00	5194.69
VOL. TOTAL (lt)		23,275.80	20,725.00	14,400.00	14,400.00	1,441.04	0.00	14,400.00	5194.69
CAUDAL (lt/s)		6.47	5.76	4.00	4.00	0.40	0.00	4.00	1.44
VOL DE CONSUMO (lt)		93,836.53							

Tabla 21. Escenario ejemplo del cálculo de volumen (30 de agosto)

SABADO 30 DE AGOSTO					
HORA	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
LECTURA (m)	2.236	1.1	0.22	0.22	0.22
DESNIVEL (m)		1.136	0.88	0	0
VOLUMEN (lt)		9,331.43	7,228.57	0.00	0.00
VOL. DE INGRESO (lt)		11,600.80	14,400.00	14,400.00	11,032.61
VOL. TOTAL (lt)		20,932.23	21,628.57	14,400.00	11,032.61
CAUDAL (lt/s)		5.81	6.01	4.00	3.06
VOL DE CONSUMO (lt)		67,993.41			

Tabla 22. Escenario ejemplo del cálculo de volumen (05 agosto)

VIERNES 05 DE AGOSTO									
HORA	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
LECTURA (m)	2.236	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
DESNIVEL (m)		0.95	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22

VOLUMEN (lt)	1.286	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VOL. DE INGRESO (lt)	10,563.57	5,996.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VOL. TOTAL (lt)	14,000.80	14,400.00	14,400.00	14,400.00	771.92	Recarga	14,400.00	5,703.77
CAUDAL (lt/s)	6.82	5.67	4.00	4.00	0.21	0.00	4.00	1.58
VOL DE CONSUMO (lt)				94,636.49				

Tabla 23. Escenario ejemplo del cálculo de volumen (06 de setiembre)

SABADO 06 DE SEPTIEMBRE					
HORA	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
LECTURA (m)	2.236	1.05	0.22	0.22	0.22
DESNIVEL (m)		1.186	0.83	0	0
VOLUMEN (lt)		9,742.15	6,817.86	0.000	0.000
VOL. DE INGRESO (lt)		13760.80	14,400.00	14,400.00	5597.38
VOL. TOTAL (lt)		23,502.94	21,217.86	14,400.00	5,597.38
CAUDAL (lt/s)		6.53	5.89	4.00	1.55
VOL DE CONSUMO (lt)			64,718.18		

Tabla 24. Escenario ejemplo del cálculo de volumen (12 de setiembre)

VIERNES 12 DE SEPTIEMBRE									
HORA	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
LECTURA (m)	2.236	0.95	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
DESNIVEL (m)		1.286	0.73	0	0	0	0	0	0
VOLUMEN (lt)		10563.57	5996.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VOL. DE INGRESO (lt)		13760.80	14400.00	14400.00	14400.00	681.64	Recarga	14400.00	3595.91
VOL. TOTAL (lt)		24324.37	20396.43	14400.00	14400.00	681.64	0.00	14400.00	3595.91

CAUDAL (lt/s)	6.76	5.67	4.00	4.00	0.19	0.00	4.00	1.00
VOL DE CONSUMO (lt)	92,198.35							

Tabla 25. Escenario ejemplo del cálculo de volumen (13 de setiembre)

SABADO 13 DE SEPTIEMBRE					
HORA	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
LECTURA (m)	2.236	1.11	0.22	0.22	0.22
DESNIVEL (m)		1.126	0.89	0	0
VOLUMEN (lt)		9,249.29	7,310.72	0.00	0.00
VOL. DE INGRESO (lt)		10,880.80	14,400.00	14,400.00	10,944.02
VOL. TOTAL (lt)		20,130.08	21,710.72	14,400.00	10,944.02
CAUDAL (lt/s)		5.59	6.03	4.00	3.04
VOL DE CONSUMO (lt)				67,184.82	

Tabla 26. Escenario ejemplo del cálculo de volumen (19 de setiembre)

VIERNES 19 DE SEPTIEMBRE									
HORA	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
LECTURA (m)	2.236	0.96	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22
DESNIVEL (m)		1.28	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VOLUMEN (lt)		10481.43	6078.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
VOL. DE INGRESO (lt)		13520.80	14400.00	14400.00	14400.00	1472.14	Recarga	14400.00	4611.99
VOL. TOTAL (lt)		24002.23	20478.57	14400.00	14400.00	1472.14	0.00	14400.00	4611.99
CAUDAL (lt/s)		6.67	5.69	4.00	4.00	0.41	0.00	4.00	1.28
VOL DE CONSUMO (lt)					93,764.93				

Tabla 27. Escenario ejemplo del cálculo de volumen (20 de setiembre)

SABADO 20 DE SEPTIEMBRE					
HORA	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00
LECTURA (m)	2.236	1.12	0.22	0.22	0.22
DESNIVEL (m)		1.12	0.90	0.00	0.00
VOLUMEN (lt)		9167.15	7392.86	0.00	0.00
VOL. DE INGRESO (lt)		11840.80	14400.00	14400.00	8236.57
VOL. TOTAL (lt)		21007.94	21792.86	14400.00	8236.57
CAUDAL (lt/s)		5.84	6.05	4.00	2.29
VOL DE CONSUMO (lt)			65,437.37		

Para determinar el coeficiente de variación horaria, de las tablas anteriores obtenemos un resumen de los caudales por horas de las 4 semanas de aforo y obtenemos el coeficiente K2:

$$K2 = \frac{Q_{maxh}}{Q_{mh}}$$

Tabla 28. Cálculo del coeficiente K2

	Consumo de caudal por horas							Promedio	Máximo	k2
	(8-9) am	(9-10) am	(10-11) am	(11-12) am	(12-1) pm	(2-3) pm	(3-4) pm			
VIERNES 29 DE AGOSTO	6.47	5.76	4.00	4.00	0.40	4.00	1.44	3.72	6.47	1.74
SABADO 30 DE AGOSTO	5.81	6.01	4.00	3.06	0.00	0.00	0.00	4.72	6.01	1.27
VIERNES 05 DE SEPTIEMBRE	6.42	5.67	4.00	4.00	0.21	4.00	1.58	3.76	6.42	1.82
SABADO 06 DE SEPTIEMBRE	6.53	5.89	4.00	1.55	0.00	0.00	0.00	4.49	6.53	1.45
VIERNES 12 DE SEPTIEMBRE	6.76	5.67	4.00	4.00	0.19	4.00	1.00	3.66	6.76	1.85
SABADO 13 DE SEPTIEMBRE	5.59	6.03	4.00	3.04	0.00	0.00	0.00	4.67	6.03	1.29
VIERNES 19 DE SEPTIEMBRE	6.67	5.69	4.00	4.00	0.41	4.00	1.28	3.72	6.67	1.79
SABADO 20 DE SEPTIEMBRE	5.84	6.05	4.00	2.29	0.00	0.00	0.00	4.54	6.05	1.33

De los resultados tenemos un coeficiente de variación horaria $k_2 = 1.85$, este valor es consistente con los parámetros de diseño para zonas rurales cuyo valor representa el consumo máximo para la primera hora de la mañana.

4.2.4.5. Caudal máximo horario

Con los datos obtenidos, calculamos el caudal máximo horario aplicando la fórmula: $Q_{mh} = Q_m * K_1 * k_2$.

$$Q_{mh} = 0.264 * 1.013 * 1.85 = 0.50 \text{ lt/s}$$

Tenemos un caudal máximo horario de 0.50 lt/s este caudal ha sido calculado teniendo en cuenta las fórmulas y definiciones para su cálculo. Lo que significa que son valores representativos para una hora de un día del año.

4.2.4.6. Volumen de equilibrio o de regulación para el reservorio.

El volumen de regulación se ha calculado en base al funcionamiento actual, con las horas reales del bombeo y usando los datos de campo en función del día de mayor consumo. El tiempo de funcionamiento actual para este escenario analizado es de 8 horas (8am - 4pm) con un tiempo de recarga intermedio.

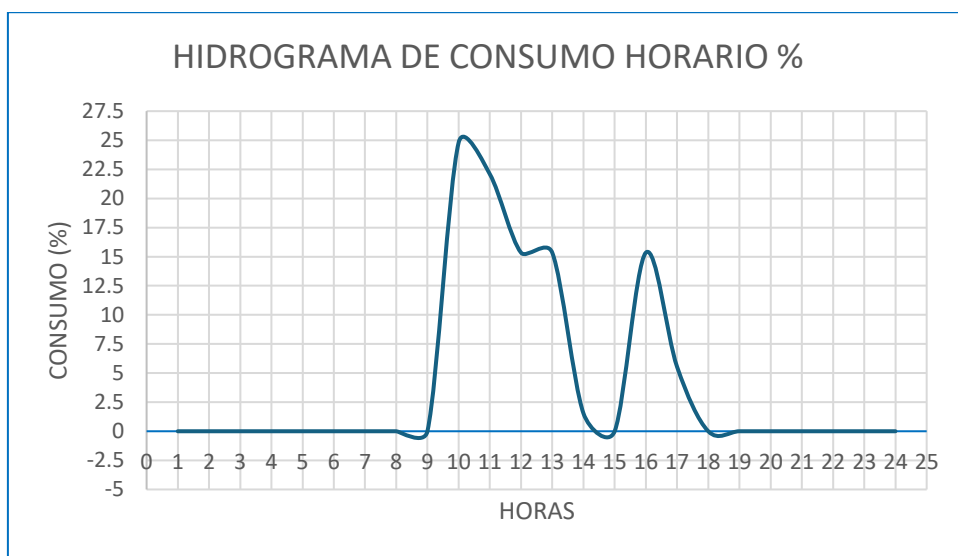
Tabla 29. *Volumen de equilibrio*

HORAS		CONSUMO %
DE	A	
00:00	01:00	0.00
01:00	02:00	0.00
02:00	03:00	0.00
03:00	04:00	0.00
04:00	05:00	0.00
05:00	06:00	0.00
06:00	07:00	0.00
07:00	08:00	0.00
08:00	09:00	24.80
09:00	10:00	22.09
10:00	11:00	15.35
11:00	12:00	15.35
12:00	13:00	1.54
13:00	14:00	0.00
14:00	15:00	15.35
15:00	16:00	5.54
16:00	17:00	0.00
17:00	18:00	0.00
18:00	19:00	0.00

19:00	20:00	0.00
20:00	21:00	0.00
21:00	22:00	0.00
22:00	23:00	0.00
23:00	00:00	0.00
		100.00

Figura 50.

Hidrograma de consumo Horario (%)



Del grafico se observa que existen dos picos de consumo, uno en la mañana y otro en la tarde después de un lapso de recarga de la tercera estación.

Funcionamiento actual para el día de mayor consumo en San Pedro:

Tabla 30. *Consumo horario para el día de mayor consumo.*

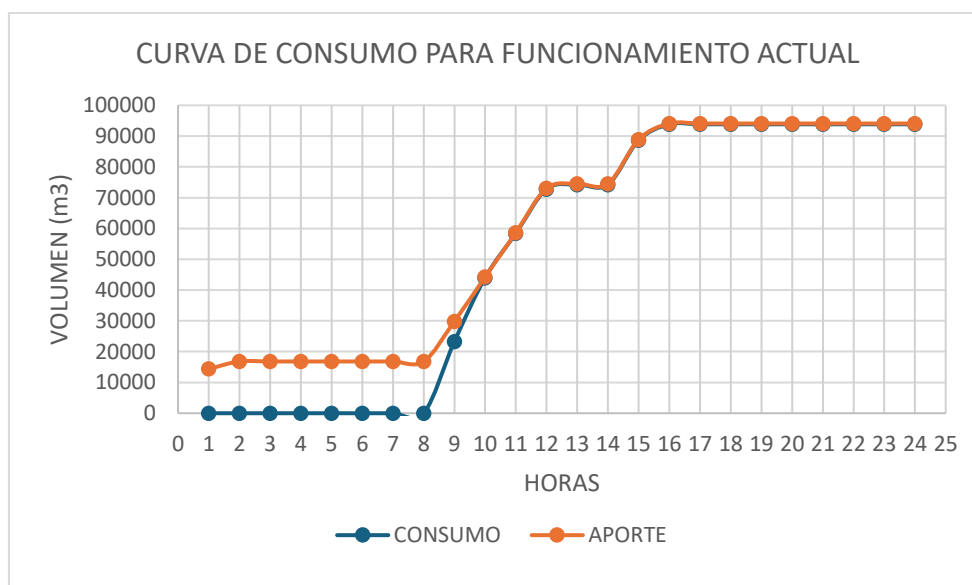
HORAS		CONSUMO %	CONSUMO		APORTE		DIF	EXCESO	DEFECTO
DE	A		PARCIAL	ACUMULAD	PARCIAL	ACUMULAD	APO-CON		
00:00	01:00	0.00	0.000	0	14,400.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	-
01:00	02:00	0.00	0.000	0.000	2,406.43	16,806.43	16,806.43	16,806.43	-
02:00	03:00	0.00	0.000	0.000	0.00	16,806.43	16,806.43	16,806.43	-
03:00	04:00	0.00	0.000	0.000	0.00	16,806.43	16,806.43	16,806.43	-
04:00	05:00	0.00	0.000	0.000	0.00	16,806.43	16,806.43	16,806.43	-
05:00	06:00	0.00	0.000	0.000	0.00	16,806.43	16,806.43	16,806.43	-
06:00	07:00	0.00	0.000	0.000	0.00	16,806.43	16,806.43	16,806.43	-
07:00	08:00	0.00	0.000	0.000	0.00	16,806.43	16,806.43	16,806.43	-
08:00	09:00	24.80	23,275.80	23,275.80	13,040.80	29,847.23	6,571.43	6,571.43	-
09:00	10:00	22.09	20,725.00	44,000.80	14,400.00	44,247.23	246.43	246.43	-
10:00	11:00	15.35	14,400.00	58,400.80	14,400.00	58,647.23	246.43	246.43	-
11:00	12:00	15.35	14,400.00	72,800.80	14,400.00	73,047.23	246.43	246.43	-

12:00	13:00	1.54	1,441.04	74,241.84	1,441.04	74,488.27	246.43	246.43	-
13:00	14:00	0.00	0.00	74,241.84	0.00	74,488.27	246.43	246.43	-
14:00	15:00	15.35	14,400.00	88,641.84	14,400.00	88,888.27	246.43	246.43	-
15:00	16:00	5.54	5,197.99	93,839.83	5,197.99	94,086.26	246.43	246.43	-
16:00	17:00	0.00	0.000	93,839.83	0.00	94,086.26	246.43	246.43	-
17:00	18:00	0.00	0.000	93,839.83	0.00	94,086.26	246.43	246.43	-
18:00	19:00	0.00	0.000	93,839.83	0.00	94,086.26	246.43	246.43	-
19:00	20:00	0.00	0.000	93,839.83	0.00	94,086.26	246.43	246.43	-
20:00	21:00	0.00	0.000	93,839.83	0.00	94,086.26	246.43	246.43	-
21:00	22:00	0.00	0.000	93,839.83	0.00	94,086.26	246.43	246.43	-
22:00	23:00	0.00	0.000	93,839.83	0.00	94,086.26	246.43	246.43	-
23:00	00:00	0.00	0.000	93,839.83	0.00	94,086.26	246.43	246.43	-
TOTAL =		100.00	93,839.83		94,086.26		Val. Maximos =	16,806.43	0.00
								Total (exe+def)=	16,806.43

Volumen de almacenamiento: Analizando el día de mayor consumo, se tiene un volumen de almacenamiento de 16.806 m³ con 8 horas de servicio (de 8am 4pm) y un tiempo intermedio de 1hora con 55 min aproximadamente de recarga.

Figura 51

Curva de consumo para bombeo San Pedro



Se tiene una curva de consumo donde coincide el aporte con el consumo, ya que como se indicó en el funcionamiento, el caudal que ingresa hacia la cámara de carga es el mismo caudal que se conduce hacia el reservorio y al mismo tiempo sale por la línea de aducción. Por lo que se concluye que, en el contexto actual que el uso del agua que se basa en almacenamiento directo en los hogares, la demanda está supeditada al caudal de bombeo.

Entonces el volumen de regulación está adaptado al funcionamiento existiendo un único exceso el volumen de almacenamiento del reservorio.

4.3.3. Caudales de consumo y coeficientes de variación: Chames.

El funcionamiento en la comunidad de Chames es similar a la comunidad de San Pedro, excepto los martes en la que hay un control de bombeo discontinuo como se registra en la tabla siguiente (tabla 31). Los días de uso del sistema son los lunes y martes.

Tiempos de bombeo en días de consumo Chames.

El control de los tiempos de bombeo al igual que en la comunidad de San Pedro se ha registrado en la cámara de carga, existiendo una diferencia con los registros de los días martes. En la tabla se muestran los tiempos de inicio registrados en campo en la que existen 3 tiempos de inicio en la comunidad de Chames

Tabla 31. *Tiempos de bombeo de la estación 03 a la cámara de carga para Chames*

SEMANA	FECHA	HORA DE INICIO	TIEMPOS DE BOMBEO	TOTAL
1	LUNES 01 DE SEPTIEMBRE	8:25 a. m.	3horas 38 min 47 seg. 02 centésimas	04 horas 05 min 48 seg. 35 centésimas
		14:00 p.m.	00 horas 27min 01 seg. 33centesimas	
	MARTES 02 DE SEPTIEMBRE	8:30 a. m.	01 horas 17 min 05 seg. 10 centésimas	2 horas 53 min 11 seg. 01 centésimas
		10:08 a. m.	01 horas 16 min 55 seg. 80 centésimas	
		11:46 a. m.	00 horas 19 min 10 seg. 11 centésimas	
2	LUNES 08 DE SEPTIEMBRE	8:28 a. m.	3horas 39 min 45 seg. 22 centésimas	04 horas 15 min 23 seg. 20 centésimas
		14:00 p.m.	00 horas 35 min 37 seg. 98 centésimas	
	MARTES 09 DE SEPTIEMBRE	8:29 a. m.	01 horas 15 min 08 seg. 19 centésimas	2 horas 58 min 49 seg. 67 centésimas
		10:09 a. m.	01 horas 19 min 45 seg. 15 centésimas	
		11:50 a. m.	00 horas 23 min 56 seg. 33 centésimas	
3	LUNES 15 DE SEPTIEMBRE	8:25 a. m.	3horas 41 min 49 seg. 46 centésimas	04 horas 02 min 19 seg. 00 centésimas
		14:00 p.m.	00 horas 20 min 30 seg. 54 centésimas	
	MARTES 16 DE SEPTIEMBRE	8:27 a. m.	01 horas 16 min 58 seg. 98 centésimas	02 horas 55 min 02 seg. 35 centésimas
		10:07 a. m.	01 horas 17 min 47 seg. 29 centésimas	
		11:46 a. m.	00 horas 20 min 16 seg. 80 centésimas	
4	LUNES 22 DE SEPTIEMBRE	8:27 a. m.	3horas 40 min 56 seg. 87 centésimas	04 horas 05 min 38 seg. 33 centésimas
		14:00 p.m.	00 horas 24 min 41 seg. 46 centésimas	
	MARTES 23 DE SEPTIEMBRE	8:25 a. m.	01 horas 18 min 21 seg. 06 centésimas	3horas 00 min 02 seg. 56 centésimas
		10:05 a. m.	01 horas 16 min 50 seg. 13 centésimas	
		11:43 a. m.	00 horas 24 min 51 seg. 37 centésimas	

Medición de los volúmenes de consumo: Al igual que en San Pedro, el servicio comienza a las 8 am, al momento que el vigilante abre la válvula de aducción, el reservorio y la cámara de carga están llenos, por lo que, al haber una descarga progresiva del reservorio,

también la cámara de carga se descarga gradualmente hasta el tope del electronivel. A comparación del escenario de San Pedro, en Chames existe un menor consumo debido a que la población es menor, por lo que en el caso del día lunes, el reservorio no se descarga completamente, existiendo un tirante permanente de agua en el reservorio, y el día martes el consumo también es menor, por lo que la cámara de carga permanece con agua sin descargarse a su nivel mínimo (la canastilla).

Para determinar este consumo se ha tenido en cuenta las horas de bombeo desde un inicio hasta fin, ya que el bombeo se apaga cuando la cámara de carga se llena volviendo a su condición inicial debido a que hay un menor consumo en comparación con el caudal que ingresa. Como se observa en la tabla anterior, se ha registrado tiempos de un bombeo discontinuo.

➤ **Ejemplo de cálculo de volumen. (martes 02 de septiembre)**

- Caudal de bombeo que ingresa en la cámara de carga = 4lt/s
- De la tabla anterior, el bombeo ha iniciado a las 08:30 am por un lapso de bombeo continuo de 01 horas 17 min 05 seg. 10 centésimas.
 - Volumen V1 de 08:30am-09:00 am = $4\text{lt/s} \times (30 \times 60) = 7200 \text{ lt}$
 - Volumen V2 de 09:00am-09:47:05.10 am = $4\text{lt/s} \times (47 \times 60 + 5.10) = 11300.4 \text{ lt}$
- De la tabla anterior, el siguiente turno ha iniciado a las 10:08 am por un lapso de 01 horas 16 min 55 seg. 80 centésimas
 - Volumen V3 de 10:08am-11:00 am = $4\text{lt/s} \times (52 \times 60) = 12480 \text{ lt}$
 - Volumen V4 de 11:00am-11:24:55.80 am = $4\text{lt/s} \times (24 \times 60 + 55.80) = 5983.2 \text{ lt}$
- De la tabla anterior, el siguiente turno ha iniciado a las 11:46 am por un lapso de 00 horas 19 min 10 seg. 11 centésimas
 - Volumen V5 de 11:46 am-12:00 pm = $4\text{lt/s} \times (14 \times 60) = 3360 \text{ lt}$
 - Volumen V6 de 12:00 pm -12:03:10.11 am = $4\text{lt/s} \times (3 \times 60 + 10.11) = 1240.44 \text{ lt}$
- Volumen de 08:30 – 09:00 = V1= 7200 lt
- Volumen de 09:00 – 10:00 = V2= 11300.4 lt
- Volumen de 10:00 – 11:00 = V3= 12480 lt
- Volumen de 11:00 – 12:00 = V4+V5= 5983.2 lt + 3360 lt = 9343.2 lt
- Volumen de 12:00 – 12:06 = V6 = 1240.44 lt
- Vol. De consumo del día = V1+V2+V3+V4+V5+V6 = 41,564.04 lt

Es necesario mencionar que, al terminar el bombeo, el reservorio y la cámara de carga se quedan llenas como al inicio.

Tabla 32. Registro de consumo de volúmenes por día Chames.

REGISTRO DE CONSUMO DE VOLUMENES POR DIA DE USO DEL SISTEMA											
semana 01		Tiempo de bombeo	3horas 38 min 47 seg 02 centésimas					Recarga		00 horas 27min 01 seg 33centesimas	vol. de consumo
	LUNES 01 DE SEPTIEMBRE	hora	08:25 - 09:00	09:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 12:06	12:06 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 14:28	
		vol.(lt)	8,400.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	908.08			6,485.32	58,993.40
	MARTES 02 DE SEPTIEMBRE	Tiempo de bombeo	2 horas 53 min 11 seg 01 centésimas								
		hora	08:30 - 09:00	09:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 12:06				
		vol.(lt)	7,200.00	11,300.40	12,480.00	9,343.20	1,240.44				41,564.04
semana 02	LUNES 08 DE SEPTIEMBRE	Tiempo de bombeo	3horas 39 min 45 seg 22 centésimas							00 horas 35 min 37 seg 98 centésimas	
		hora	08:28 - 09:00	09:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 12:08	12:08 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 14:35	
		vol.(lt)	7,680.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	1,860.88	Recarga	Recarga	8,551.92	61,292.80
	MARTES 09 DE SEPTIEMBRE	Tiempo de bombeo	2 horas 58 min 49 seg 67 centésimas								
		hora	08:29 - 09:00	09:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 12:13	12:13 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 14:28	
		vol.(lt)	7,440.00	10,592.80	12,240.00	9,300.60	3,345.32				42,918.72
semana 03	LUNES 15 DE SEPTIEMBRE	Tiempo de bombeo	3horas 41 min 49 seg 46 centésimas							00 horas 20 min 30 seg 54 centésimas	
		hora	08:25 - 09:00	09:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 12:07	12:07 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 14:20	
		vol.(lt)	8,400.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	1,637.84			4,922.16	58,160.00
	MARTES 16 DE SEPTIEMBRE	Tiempo de bombeo	02 horas 55 min 02 seg 35 centésimas								
		hora	08:27 - 09:00	09:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 12:06	12:06 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 14:28	
		vol.(lt)	7,920.00	10,555.90	12,720.00	9,309.16	1,507.20				42,012.26

semana 04	LUNES 22 DE SEPTIEMBRE	Tiempo de bombeo	3horas 40 min 56 seg 87 centésimas							00 horas 24 min 41 seg 46 centésimas	
		hora	08:27 - 09:00	09:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 12:08	12:08 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 14:24	
		vol.(lt)	7,920.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	1,907.48			5,925.84	58,953.32
	MARTES 23 DE SEPTIEMBRE	Tiempo de bombeo	3horas 00 min 02 seg 56 centésimas								
		hora	08:25 - 09:00	09:00 - 10:00	10:00 - 11:00	11:00 - 12:00	12:00 - 12:07	12:07 - 13:00	13:00 - 14:00	14:00 - 14:28	
		vol.(lt)	8,400.00	10,404.20	13,200.00	9,320.52	1,885.48				43,210.20

Resumen de consumo de agua por semana:

Debido a que el servicio se da dos días a la semana, se suma los consumos de estos dos días, resultando el consumo semanal.

Tabla 33. *Consumo semana Chames*

SEMANA	FECHA:	VOLUMEN (lts)	TOTAL SEMANAL
1	LUNES 01 DE SEPTIEMBRE	58,993.40	100,557.44
	MARTES 02 DE SEPTIEMBRE	41,564.04	
2	LUNES 08 DE SEPTIEMBRE	61,292.80	104,211.52
	MARTES 09 DE SEPTIEMBRE	42,918.72	
3	LUNES 15 DE SEPTIEMBRE	58,160.00	100,172.26
	MARTES 16 DE SEPTIEMBRE	42,012.26	
4	LUNES 22 DE SEPTIEMBRE	58,953.32	102,163.52
	MARTES 23 DE SEPTIEMBRE	43,210.200	

4.2.3.1. Dotación:

Dado que el servicio no se da diariamente, no es posible tener un registro de consumo por días, por lo que, para poder calcular la dotación, dividimos este consumo semanal entre los 7 días de la semana, siendo este valor igual para todos los días de una semana, variando únicamente los registros semanales. El caserío de Chames cuenta con una población de 238 personas.

Tabla 34. *Dotación chames*

	Consumo semanal (lt)	Consumo diario (lt)	Consumo por persona (lt)	promedio
semana 1	100,557.440	14,365.349	60.36	61.090
semana 2	104,211.520	14,887.360	62.55	
semana 3	100,172.260	14,310.323	60.13	
semana 4	102,163.520	14,594.789	61.32	

Se ha determinado una dotación real de 61.09 lt/hab/día, este volumen satisface los requerimientos mínimos de consumo básico, lo cual se ve reforzado por los resultados de las encuestas socioeconómicas, donde la población manifiesta un uso restringido de los servicios sanitarios con el fin de optimizar y ahorrar el recurso hídrico disponible. Por lo que para un sistema sin arrastre hidráulico cumple con los parámetros mínimos.

4.2.3.2. Caudal medio y caudal máximo diario.

Con los valores obtenidos del consumo diario podemos obtener el caudal medio y el caudal máximo diario.

Tabla 35. *Caudal medio y máximo diario*

	consumo diario (lt)	Qmi	Qm	Qmd
semana 1	14,365.349	0.166	0.168	0.172
semana 2	14,887.360	0.172		
semana 3	14,310.323	0.166		
semana 4	14,594.789	0.169		

De los datos de la tabla, obtenemos como $Q_m = 0.168$ y $Q_{md} = 0.172$ lt/s. estos caudales han sido calculados teniendo en cuenta las fórmulas definiciones y procedimientos para su cálculo, lo que significa que son valores representativos para un día del año. Sin embargo, la demanda poblacional actual es satisfecha en periodos reducidos.

4.2.3.3. Coeficiente de variación diaria K1:

$$K1 = \frac{\text{caudal maximo diario } (Q_{md})}{\text{caudal medio } (Q_m)} = \frac{0.172}{0.168} = 1.024$$

Tenemos un coeficiente de variación K1 que tiende a la unidad, debido a que no tenemos datos diarios donde haya una diferencia significativa entre el consumo del día de mayor demanda y el consumo promedio diario. Debido a que el sistema se basa en almacenamiento de agua.

4.2.3.4. Coeficiente de variación horaria K2:

Debido a que el escenario es diferente los días martes con respecto al de San Pedro, pues existe un caudal de salida menor al de ingreso por lo que el aforo se ha realizado en la cámara de carga procediendo a medir los tirantes cada hora.

Se ha elaborado la siguiente tabla a conveniencia en donde se muestra los registros del reservorio para el día lunes y de la cámara de carga a medida que transcurre el tiempo.

✓ **Ejemplo cálculo de volumen de 08:00am a 09:00am para el martes 02 de septiembre.**

Escenario antes de abrir la válvula de aducción: reservorio lleno y cámara de carga llena.

Para el día martes se mide solamente el tiempo de bombeo y el tirante en la cámara de carga ya que el reservorio permanece constantemente lleno.

- Radio de la cámara de carga = 1m
- Tirante máximo de la cámara de carga = 1.85 m
- Altura consumida = 0.665m
- $V1 = \pi r^2 H = \pi * 1^2 (1.85 - 0.665) = 3722.79 \text{ lt}$
- Vol. De bombeo desde las 08:30 am hasta las 09:00 am
 - Vol. de bombeo = $V2 = 7200 \text{ lt}$
- Vol total = $V1 + V2 = 10,922.79$

Tabla 36. Escenario ejemplo del cálculo de volumen (1 de setiembre)

LUNES 01 DE SEPTIEMBRE						
HORA	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00
LECTURA (m)	2.371	2.12	2.14	2.17	2.26	2.204
DESNIVEL (m)		0.251	-0.02	-0.03	-0.09	0.056
VOLUMEN (lt)		2,054.14	-163.677	-245.515	-736.545	458.295
VOL. DE INGRESO (lt)		13,520.80	14,400.00	14,400.00	14,400.00	908.08
VOL. TOTAL (lt)		15,574.94	14,236.32	14,154.48	13,663.45	1,366.37
CAUDAL (lt/s)		4.326	3.955	3.932	3.795	0.380
VOL DE CONSUMO (lt)		58,995.58				

Tabla 37. Escenario ejemplo del cálculo de volumen (2 de setiembre)

MARTES 02 DE SEPTIEMBRE						
HORA	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00
LECTURA (m)	1.85	0.665	0.84	1.42	1.7	1.85
DESNIVEL (m)		1.185	-0.175	-0.58	-0.28	-0.15
VOLUMEN (lt)		3,722.79	-549.78	-1,822.12	-879.65	-471.24
VOL. DE INGRESO (lt)		7,200.00	11,300.40	12,480.00	9,343.20	1,240.44
VOL. TOTAL (lt)		10,922.79	10,750.62	10,657.88	8,463.55	769.20
CAUDAL (lt/s)		3.034	2.986	2.961	2.351	0.214
VOL DE CONSUMO (lt)		41,564.04				

Tabla 38. Escenario ejemplo del cálculo de volumen (8 de setiembre)

LUNES 08 DE SEPTIEMBRE						
HORA	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00
LECTURA (m)	2.371	2.09	2.14	2.17	2.26	1.952
DESNIVEL (m)		0.281	-0.05	-0.03	-0.09	0.308
VOLUMEN (lt)		2,299.66	-409.192	-245.515	-736.545	2520.622
VOL. DE INGRESO (lt)		12,800.80	14,400.00	14,400.00	14,400.00	1,860.88

VOL. TOTAL (lt)		15,100.45	13,990.81	14,154.48	13,663.45	4,381.50
CAUDAL (lt/s)		4.195	3.886	3.932	3.795	1.217
VOL DE CONSUMO (lt)		61,290.70				

Tabla 39. Escenario ejemplo del cálculo de volumen (9 de setiembre)

MARTES 09 DE SEPTIEMBRE						
HORA	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00
LECTURA (m)	1.85	0.76	0.88	1.34	1.8	1.85
DESNIVEL (m)		1.09	-0.12	-0.46	-0.46	-0.05
VOLUMEN (lt)		3,424.34	-376.99	-1,445.13	-1,445.13	-157.08
VOL. DE INGRESO (lt)		7,440.00	10,592.80	12,240.00	9,300.60	3,345.32
VOL. TOTAL (lt)		10,864.34	10,215.81	10,794.87	7,855.47	3,188.24
CAUDAL (lt/s)		3.018	2.838	2.999	2.182	0.886
VOL DE CONSUMO (lt)		42,918.72				

Tabla 40. Escenario ejemplo del cálculo de volumen (15 de setiembre)

LUNES 15 DE SEPTIEMBRE						
HORA	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00
LECTURA (m)	2.371	2.12	2.1	2.15	2.28	2.37
DESNIVEL (m)		0.251	0.02	-0.05	-0.13	-0.09
VOLUMEN (lt)		2,054.14	163.68	-409.19	-1,063.90	-736.55
VOL. DE INGRESO (lt)		13,520.80	14,400.00	14,400.00	14,400.00	1,432.98
VOL. TOTAL (lt)		15,574.94	14,563.68	13,990.81	13,336.10	696.43
CAUDAL (lt/s)		4.326	4.045	3.886	3.704	0.193
VOL DE CONSUMO (lt)		58,161.96				

Tabla 41. Escenario ejemplo del cálculo de volumen (16 de setiembre)

MARTES 16 DE SEPTIEMBRE						
HORA	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00
LECTURA (m)	1.85	0.65	0.7	1.34	1.8	1.85
DESNIVEL (m)		1.2	-0.05	-0.64	-0.46	-0.05
VOLUMEN (lt)		3,769.91	-157.08	-2,010.62	-1,445.13	-157.08
VOL. DE INGRESO (lt)		7,920.00	10,555.90	12,720.00	9,309.16	1,507.20
VOL. TOTAL (lt)		11,689.91	10,398.82	10,709.38	7,864.03	1,350.12
CAUDAL (lt/s)		3.247	2.889	2.975	2.184	0.375
VOL DE CONSUMO (lt)		42,012.26				

Tabla 42. Escenario ejemplo del cálculo de volumen (22 de setiembre)

LUNES 22 DE SEPTIEMBRE						
HORA	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00
LECTURA (m)	2.371	2.12	2.1	2.15	2.21	2.24
DESNIVEL (m)		0.251	0.02	-0.05	-0.06	-0.03
VOLUMEN (lt)		2,054.14	163.68	-409.19	-491.03	-245.52
VOL. DE INGRESO (lt)		13,040.80	14,400.00	14,400.00	14,400.00	637.48
VOL. TOTAL (lt)		15,094.94	14,563.68	13,990.81	13,908.97	391.96
CAUDAL (lt/s)		4.193	4.045	3.886	3.864	0.109
VOL DE CONSUMO (lt)		57,950.36				

Tabla 43. Escenario ejemplo del cálculo de volumen (23 de setiembre)

MARTES 23 DE SEPTIEMBRE						
HORA	08:00	09:00	10:00	11:00	12:00	13:00
LECTURA (m)	1.85	0.98	0.72	1.4	1.75	1.85
DESNIVEL (m)		0.87	0.26	-0.68	-0.35	-0.1
VOLUMEN (lt)		2,733.19	816.81	-2,136.28	-1,099.56	-314.16
VOL. DE INGRESO (lt)		8,400.00	10,404.20	13,200.00	9,320.52	1,885.48
VOL. TOTAL (lt)		11,133.19	11,221.01	11,063.72	8,220.96	1,571.32
CAUDAL (lt/s)		3.093	3.117	3.073	2.284	0.436
VOL DE CONSUMO (lt)		43,210.20				

Para determinar el coeficiente de variación horaria, de las tablas anteriores obtenemos un resumen de los caudales por horas de las 4 semanas de aforo y obtenemos el coeficiente K2:

Tabla 44. Calculo de coeficiente k2

	Consumo de caudales por hora (lt/s)					promedio	máximo	K2
	(8-9) am	(9-10) am	(10-11) am	(11-12) am	(12-1) pm			
LUNES 02 DE SEPTIEMBRE	4.33	3.95	3.93	3.80	0.38	3.28	4.33	1.32
MARTES 02 DE SEPTIEMBRE	3.03	2.99	2.96	2.35	0.21	2.31	3.03	1.31
LUNES 08 DE SEPTIEMBRE	4.19	3.89	3.93	3.80	1.22	3.41	4.19	1.23
MARTES 09 DE SEPTIEMBRE	3.02	2.84	3.00	2.18	0.89	2.38	3.02	1.27
LUNES 15 DE SEPTIEMBRE	4.33	4.05	3.89	3.70	0.19	3.23	4.33	1.34
MARTES 16 DE SEPTIEMBRE	3.25	2.89	2.97	2.18	0.38	2.33	3.25	1.39
LUNES 22 DE SEPTIEMBRE	4.19	4.05	3.89	3.86	0.11	3.22	4.19	1.30
MARTES 23 DE SEPTIEMBRE	3.09	3.12	3.07	2.28	0.44	2.40	3.12	1.30

De los resultados tenemos un coeficiente de variación horaria $k_2 = 1.39$, este valor no cumple con los parámetros de diseño para zonas rurales, esto se justifica en que el caudal de consumo es constante durante las horas de uso del sistema.

4.2.3.5. Caudal máximo horario

Con los datos obtenidos, calculamos el caudal máximo horario aplicando la fórmula: $Q_{mh} = Q_m * K1 * k2$.

$$Q_{mh} = 1.168 * 1.024 * 1.39 = 0.23 \text{ lt/s}$$

Tenemos un caudal máximo horario de 0.23 lt/s este caudal ha sido calculado teniendo en cuenta las fórmulas definiciones procedimientos para su cálculo. Lo que significa que son valores representativos para una hora de un día del año.

4.2.3.6. Volumen de equilibrio o de regulación para el reservorio en Chames.

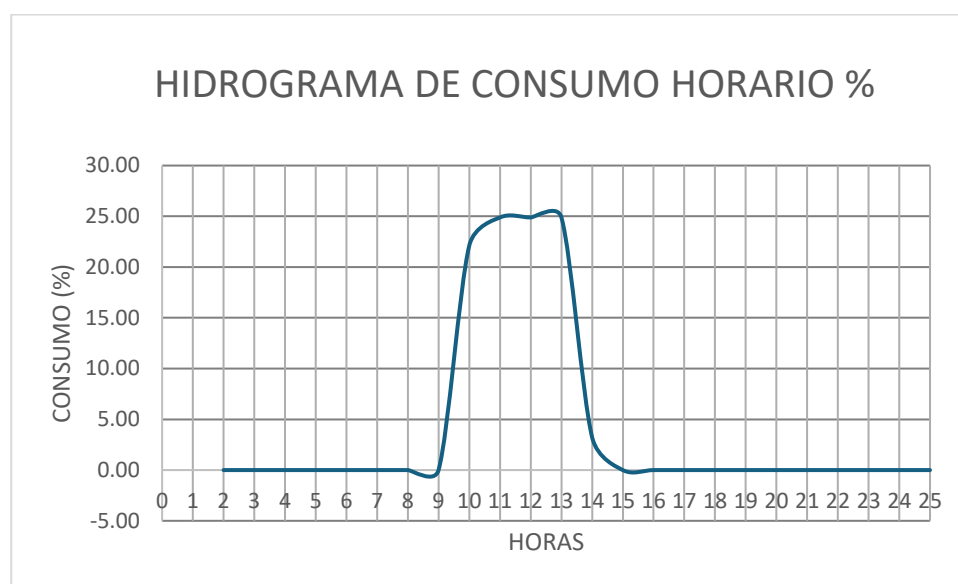
El volumen de regulación se ha calculado en base al funcionamiento actual, con las horas reales del bombeo y usando los datos de campo en función del día de mayor consumo. El tiempo de funcionamiento actual para este escenario analizado es de 5 horas.

Tabla 45. *Volumen de equilibrio o regulación*

HORAS		CONSUMO %
DE	A	
00:00	01:00	0.00
01:00	02:00	0.00
02:00	03:00	0.00
03:00	04:00	0.00
04:00	05:00	0.00
05:00	06:00	0.00
06:00	07:00	0.00
07:00	08:00	0.00
08:00	09:00	22.12
09:00	10:00	24.89
10:00	11:00	24.89
11:00	12:00	24.89
12:00	13:00	3.22
13:00	14:00	0.00
14:00	15:00	0.00
15:00	16:00	0.00
16:00	17:00	0.00
17:00	18:00	0.00
18:00	19:00	0.00
19:00	20:00	0.00
20:00	21:00	0.00
21:00	22:00	0.00
22:00	23:00	0.00
23:00	00:00	0.00

Figura 52

Hidrograma de consumo horario chames (%)



Del grafico se observa que existen un solo pico de consumo en un corto lapso de tiempo, debido a que la población es menor y existe un caudal de oferta mucho mayor, satisfaciendo la demanda en poco tiempo.

Funcionamiento actual para el día de mayor consumo en Chames.

Horas de bombeo = 5horas

Tabla 46. *Consumo horario para el día de mayor consumo*

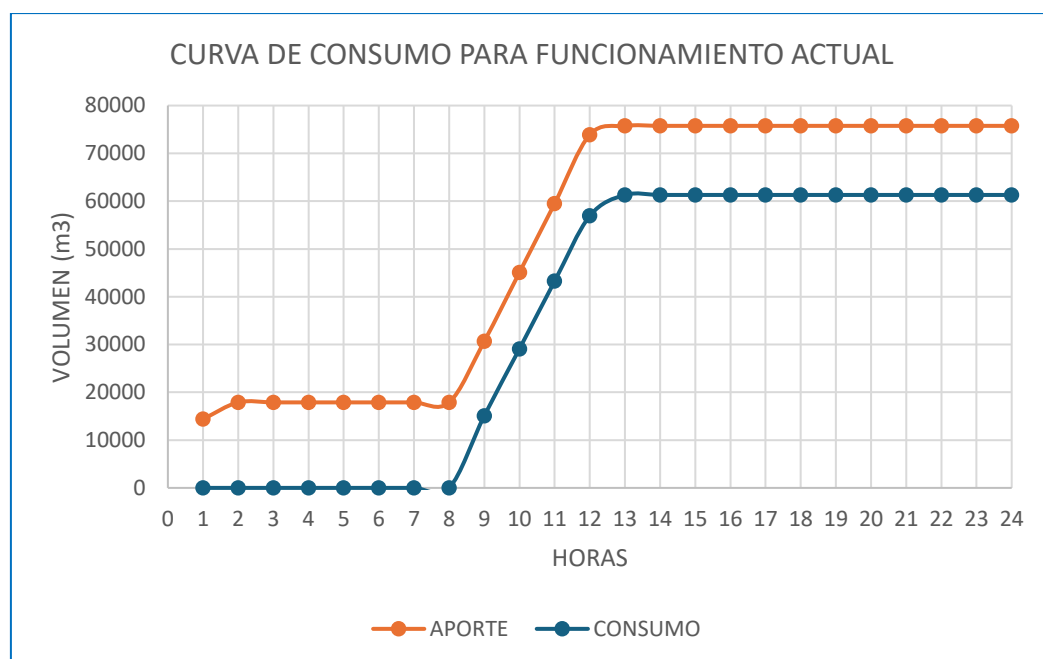
HORAS		CONSUMO %	CONSUMO		APORTE		DIF	EXCESO	DEFECTO
DE	A		PARCIAL	ACUMULAD	PARCIAL	ACUMULAD	APO-CON		
00:00	01:00	0.00	0.000	0	14,400.00	14,400.00	14,400.00	14,400.00	-
01:00	02:00	0.00	0.000	0.000	3,489.87	17,889.87	17,889.87	17,889.87	-
02:00	03:00	0.00	0.000	0.000	0.00	17,889.87	17,889.87	17,889.87	-
03:00	04:00	0.00	0.000	0.000	0.00	17,889.87	17,889.87	17,889.87	-
04:00	05:00	0.00	0.000	0.000	0.00	17,889.87	17,889.87	17,889.87	-
05:00	06:00	0.00	0.000	0.000	0.00	17,889.87	17,889.87	17,889.87	-
06:00	07:00	0.00	0.000	0.000	0.00	17,889.87	17,889.87	17,889.87	-
07:00	08:00	0.00	0.000	0.000	0.00	17,889.87	17,889.87	17,889.87	-
08:00	09:00	24.64	15,100.45	15,100.45	12,800.80	30,690.67	15,590.21	15,590.21	-
09:00	10:00	22.83	13,990.81	29,091.26	14,400.00	45,090.67	15,999.40	15,999.40	-
10:00	11:00	23.09	14,154.48	43,245.75	14,400.00	59,490.67	16,244.92	16,244.92	-
11:00	12:00	22.29	13,663.45	56,909.20	14,400.00	73,890.67	16,981.46	16,981.46	-
12:00	13:00	7.15	4,381.50	61,290.70	1,860.88	75,751.55	14,460.84	14,460.84	-
13:00	14:00	0.00	0.000	61,290.70	0.00	75,751.55	14,460.84	14,460.84	-
14:00	15:00	0.00	0.000	61,290.70	0.00	75,751.55	14,460.84	14,460.84	-

15:00	16:00	0.00	0.000	61,290.70	0.00	75,751.55	14,460.84	14,460.84	-
16:00	17:00	0.00	0.000	61,290.70	0.00	75,751.55	14,460.84	14,460.84	-
17:00	18:00	0.00	0.000	61,290.70	0.00	75,751.55	14,460.84	14,460.84	-
18:00	19:00	0.00	0.000	61,290.70	0.00	75,751.55	14,460.84	14,460.84	-
19:00	20:00	0.00	0.000	61,290.70	0.00	75,751.55	14,460.84	14,460.84	-
20:00	21:00	0.00	0.000	61,290.70	0.00	75,751.55	14,460.84	14,460.84	-
21:00	22:00	0.00	0.000	61,290.70	0.00	75,751.55	14,460.84	14,460.84	-
22:00	23:00	0.00	0.000	61,290.70	0.00	75,751.55	14,460.84	14,460.84	-
23:00	00:00	0.00	0.000	61,290.70	0.00	75,751.55	14,460.84	14,460.84	-
TOTAL =		100.00	100.00	61,290.70		75,751.55		Val. Maximos =	17,889.87
Total (exe+def)=								17,889.87	

Volumen de almacenamiento: Analizando el día de mayor consumo, se tiene un volumen de almacenamiento de 17.89 m3 con 5 horas de servicio (de 8am - 1pm).

Figura 53

Curva de consumo para bombeo actual Chames



Se tiene una curva de consumo donde el aporte es mucho mayor que el consumo, cumpliendo más eficientemente con la demanda de la población. El exceso es igual al volumen del reservorio, manteniéndolo menos vulnerable a la demanda. Por lo que se concluye que el sistema cumple con las expectativas de demanda de la población.

4.4 Evaluación estructural del sistema de agua de consumo humano.

Para la evaluación estructural del sistema de agua, se ha usado el método no destructivo llamado esclerometría (martillo Schmidt). El ensayo fue aplicado en 3 estructuras (reservorios de ambas comunidades y una estación de bombeo), el criterio que se usó para determinar que estructuras ensayar es el método visual. Los datos que tenemos como información según las especificaciones técnicas son:

Para los reservorios: La resistencia del concreto para los muros del reservorio es de 210kg/cm^2 , espesor de los muros = 20 cm

Para las estaciones de bombeo: La resistencia de los muros para las estaciones de bombeo es de 280kg/cm^2 , espesor de los muros = 30 cm

Figura 54

Ensayo de esclerometría en muro de treses estructuras: reservorio de Chames, reservorio de San Pedro y tercera estación de bombeo.





Tabla 47. Cuadro comparativo de ensayo de resistencia a la compresión y especificaciones técnicas.

Comparación de resultados de esclerometría con especificaciones técnicas			
Componente	Resistencia (kg/cm ²)		observación
	Especificación técnica	Esclerometría	
Reservorio San Pedro	210	211	Buen estado
Reservorio Chames	210	216	Buen estado
Estación 03	280	292	Buen estado

Los resultados del ensayo de esclerometría corroboran que la estructura se encuentra en buenas condiciones, los resultados se muestran en el anexo 08.

4.5 Evaluar hidráulicamente el sistema de agua de consumo humano.

4.5.1 Evaluación de la línea de impulsión:

➤ Estación 01 – estación 02.

Calculo de perdidas por fricción.

Para la evaluación de las pérdidas de la línea de impulsión, se usará la fórmula de Hazen-Williams ya que la tubería de impulsión es de 2.5". Además, se tienen los siguientes datos:

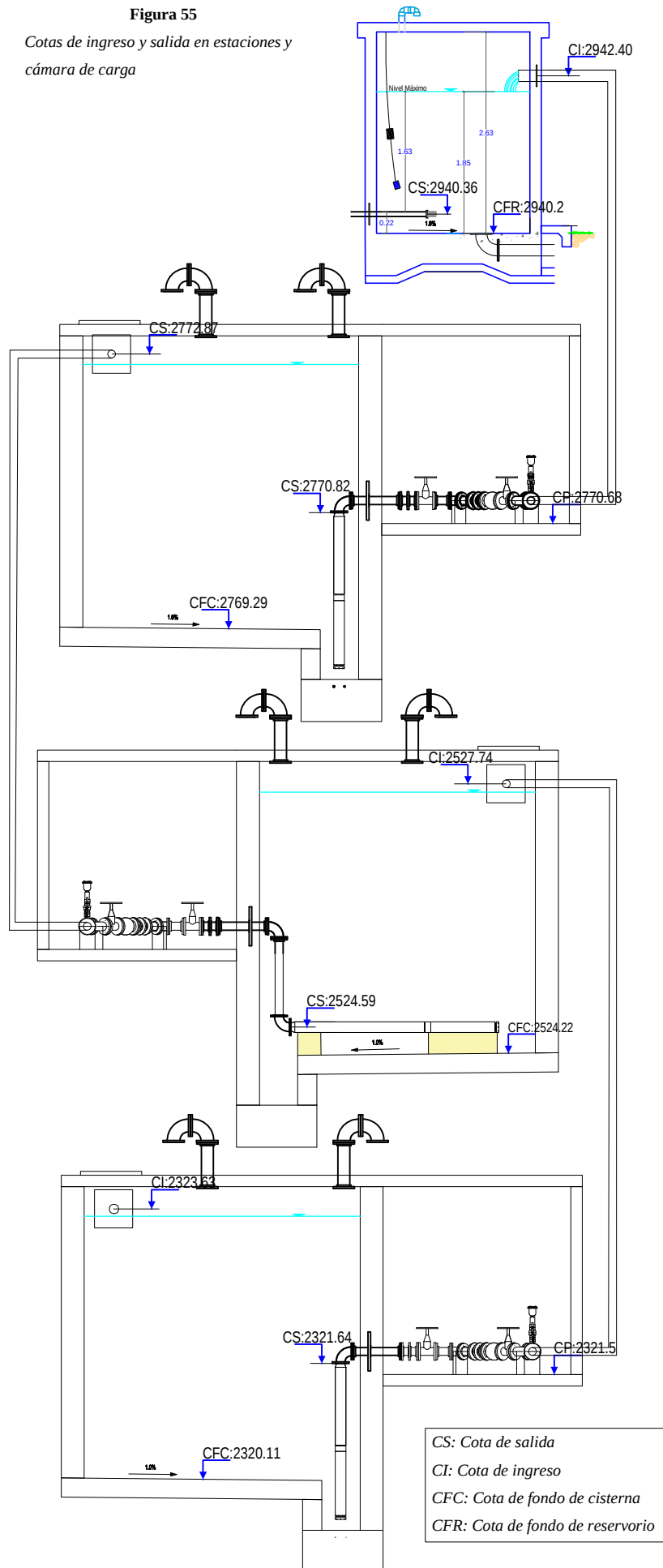
Caudal de bombeo: $Q_b = 1.93 \text{ l/s}$

Longitud = 641m

Coefficiente $C = 140$

Figura 55

Cotas de ingreso y salida en estaciones y
cámara de carga



Aplicando la ecuación 07 tenemos:

$$h_f = \frac{10.674 * L * Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} = \frac{10.674 * 641 * 0.00193^{1.852}}{140^{1.852} * 0.0635^{4.871}} = 4.62m$$

Perdida por accesorios:

En la línea de impulsión existen 6 accesorios de 2.5": 01 codo bridados de 90 grados (A la salida de la bomba) en HD, 01 codo de 45 grados en HD, 01 YEE en HD y 03 válvulas compuerta HD. (k codo90=1.3; k codo de 45 = 0.9; k yee = 0.7; k válvula compuerta = 0.4)

Verificamos la velocidad actual

$$V = \frac{4 * Qb}{\pi * D^2} = \frac{4 * 0.00193}{\pi * 0.0635^2} = 0.61 \frac{m}{s}$$

La velocidad cumple con la velocidad mínima normativa.

De la ecuación 09 obtenemos las perdidas por accesorios.

$$h_L = K \frac{V^2}{2 * g} = (4.1) \frac{0.61^2}{2 * 9.81} = 0.077 m$$

Pérdida total

$$h_{total} = h_f + h_L = 4.70m$$

Presión de servicio:

Para poder determinar la presión de servicio en la estación 02, hacemos uso del nanómetro instalado en la estación 01:

Figura 56

Nanómetro 01 de la estación 01



Tenemos como lectura 309 PSI que equivale a 216.3mca.

Cota de salida = 2321.64

Cota de ingreso = 2527.74

Usando la ecuación 09 tenemos:

$$H. geometrica + hperdidat + Ps = P. nanometrica$$

$$206.1 + 4.70 + Ps = 216.3$$

$$Ps = 5.50 \text{ m. c. a}$$

Tenemos una presión de servicio mayor a 2 m.c.a. valor mínimo para el requerimiento de la normativa en el ámbito rural.

Diámetro de la línea de impulsión.

El número de horas de bombeo para el día de mayor consumo es 13.4 horas

$$D = 0.96 * \left(\frac{N}{24}\right)^{\frac{1}{4}} * Q_b^{0.45} = 0.96 * \left(\frac{13.4}{24}\right)^{\frac{1}{4}} * (1.93/1000)^{0.45} = 0.05\text{m}$$

Considerando un diámetro comercial, esto equivale a 2", por lo que para un funcionamiento las eficiente la línea de impulsión tendría que ser de 2"

➤ Estación 02 – estación 03.

Calculo de perdidas por fricción.

Evaluamos con el mismo procedimiento del tramo anterior. Además, se tienen los siguientes datos:

Caudal de bombeo: $Q_b = 1.98 \text{ l/s}$

Longitud = 945m

Coefficiente $C = 140$

$$hf = \frac{10.674 * L * Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} = \frac{10.674 * 945 * 0.00198^{1.852}}{140^{1.852} * 0.06035^{4.871}} = 7.149\text{m}$$

Perdida por accesorios:

En la línea de impulsión existen 6 accesorios de 2.5": 01 codo bridados de 90 grados (A la salida de la bomba) en HD, 01 codo de 45 grados en HD, 01 YEE

en HD y 03 válvulas compuerta HD. ($k_{\text{codo90}}=1.3$; $k_{\text{codo de 45}} = 0.9$; $k_{\text{yee}} = 0.7$; $k_{\text{válvula compuerta}} = 0.4$)

Verificamos la velocidad actual

$$V = \frac{4 * Qb}{\pi * D^2} = \frac{4 * 0.00198}{\pi * 0.0635^2} = 0.63 \frac{m}{s}$$

La velocidad cumple con la velocidad mínima normativa.

$$hL = K \frac{V^2}{2 * g} = (4.1) \frac{0.63^2}{2 * 9.81} = 0.083 m$$

Pérdida total

$$h_{total} = h_f + hL = 7.23m$$

Presión de servicio:

Para poder determinar la presión de servicio en la estación 03, hacemos uso del nanómetro instalado en la estación 02:

Figura 57

Nanómetro 2 de la estación 02.



Tenemos como lectura 369 PSI que equivale a 259.43mca.

Cota de salida = 2524.59

Cota de ingreso = 2772.87

Usando la ecuación de la energía entre las estaciones tenemos:

$$H. \text{geometrica} + h_{\text{perdidas}} + P_s = P. \text{manometrica}$$

$$248.28 + 7.23 + p_s = 259.43$$

$$P_s = 3.92 \text{ m.c.a}$$

Tenemos como resultado una presión de servicio que cumple con la normativa mayor a 2 m.c.a.

Diámetro de la línea de impulsión.

El número de horas de bombeo para el día de mayor consumo es 13.6 horas

$$D = 0.96 * \left(\frac{N}{24}\right)^{\frac{1}{4}} * Q_b^{0.45} = 0.96 * \left(\frac{13.16}{24}\right)^{\frac{1}{4}} * (1.98/1000)^{0.45} = 0.05 \text{ m}$$

Considerando un diámetro comercial, esto equivale a 2", por lo que para un funcionamiento las eficiente la línea de impulsión tendría que ser de 2"

➤ Cálculo de pérdidas estación 03 – cámara de carga.

Cálculo de pérdidas por fricción.

Evalúamos con el mismo procedimiento del tramo anterior. Además, se tienen los siguientes datos:

Caudal de bombeo: $Q_b = 4 \text{ l/s}$

Longitud = 532 m

Coefficiente $C = 150$

$$h_f = \frac{10.674 * L * Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} = \frac{10.674 * 532 * 0.004^{1.852}}{140^{1.852} * 0.0635^{4.871}} = 14.8 \text{ m}$$

Pérdida por accesorios:

En la línea de impulsión existen 7 accesorios de 2.5": 02 codo bridados de 90 grados (A la salida de la bomba y a la entrada a la cámara) en HD, 01 codo de 45 grados en HD, 01 YEE en HD y 03 válvulas compuerta HD. ($k_{\text{codo } 90} = 1.3$; $k_{\text{codo de } 45} = 0.9$; $k_{\text{yee}} = 0.7$; $k_{\text{válvula compuerta}} = 0.4$)

Verificamos la velocidad actual

$$V = \frac{4 * Q_b}{\pi * D^2} = \frac{4 * 0.004}{\pi * 0.0635^2} = 1.263 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La velocidad cumple con los rangos normativos.

$$hL = K \frac{V^2}{2 * g} = (5.4) \frac{1.236^2}{2 * 9.81} = 0.42 \text{ m}$$

Pérdida total

$$h_{total} = h_f + hL = 15.22 \text{ m}$$

Presión de servicio:

Para poder determinar la presión de servicio en la estación 03, hacemos uso del nanómetro instalado en la estación 02:

Figura 58
Nanómetro 3 de la estación 03.



Tenemos como lectura 276 PSI que equivale a 194.047 m.c.a.

Cota de salida = 2770.82

Cota de ingreso = 2942.4

Usando la ecuación de la energía entre las estaciones tenemos:

$$H. \text{geometrica} + h_{perdidas} + P_s = P. \text{estacion 03}$$

$$171.58 + 15.22 + P_s = 194.047$$

$$P_s = 7.247 \text{ m. c. a.}$$

Tenemos como resultado una presión mayor a 2 m.c.a.

➤ **Diámetro de la línea de impulsión.**

El número de horas de bombeo para el día de mayor consumo es 6.34 horas

$$D = 0.96 * \left(\frac{N}{24}\right)^{\frac{1}{4}} * Q_b^{0.45} = 0.96 * \left(\frac{6.34}{24}\right)^{\frac{1}{4}} * (4/1000)^{0.45} = 0.057 \text{ cm}$$

Considerando un diámetro comercial, esto equivale a 2.5", por lo que para un funcionamiento actual la línea de impulsión actual, cumple con el diámetro"

4.5.2 Evaluación de la línea de conducción.

4.4.2.1. Evaluación de la línea de conducción San Pedro:

Con el propósito de evaluar la eficiencia hidráulica de la línea de conducción de San Pedro, se realizó un análisis de los registros de consumos diarios ya obtenidos en los días de uso. A partir de estos datos y la correlación entre los volúmenes de consumo y los tiempos de servicio, se determinó el Caudal Máximo Diario Qmd tomando como referencia la jornada o día de mayor demanda de la población.

Tabla 48. Caudal medio para el día de máximo consumo del sistema San Pedro

FECHA:	volumen (lt)	tiempo total	Qmedio (lt/s)	Máximo valor(lt/s)
VIERNES 29 DE AGOSTO	93,839.83	5 horas 7 min 50 seg. 79 centésimas	5.08	5.20
SABADO 30 DE AGOSTO	67,993.41	3horas 37 min 57 seg. 26 centésimas	5.20	
VIERNES 05 DE SEPTIEMBRE	94,636.49	5 horas 9 min 48 seg. 03 centésimas	5.09	
SABADO 06 DE SEPTIEMBRE	64,718.18	3horas 42 min 06 seg. 31 centésimas	4.86	
VIERNES 12 DE SEPTIEMBRE	92,198.35	5horas 4 min 46 seg. 53 centésimas	5.04	
SABADO 13 DE SEPTIEMBRE	67,184.82	3horas 40 min 41 seg. 54 centésimas	5.07	
VIERNES 19 DE SEPTIEMBRE	93,764.93	5 horas 11 min 18 seg. 24 centésimas	5.02	
SABADO 20 DE SEPTIEMBRE	65,437.37	3horas 39 min 17 seg. 00 centésimas	4.97	

Además, tenemos los siguientes datos:

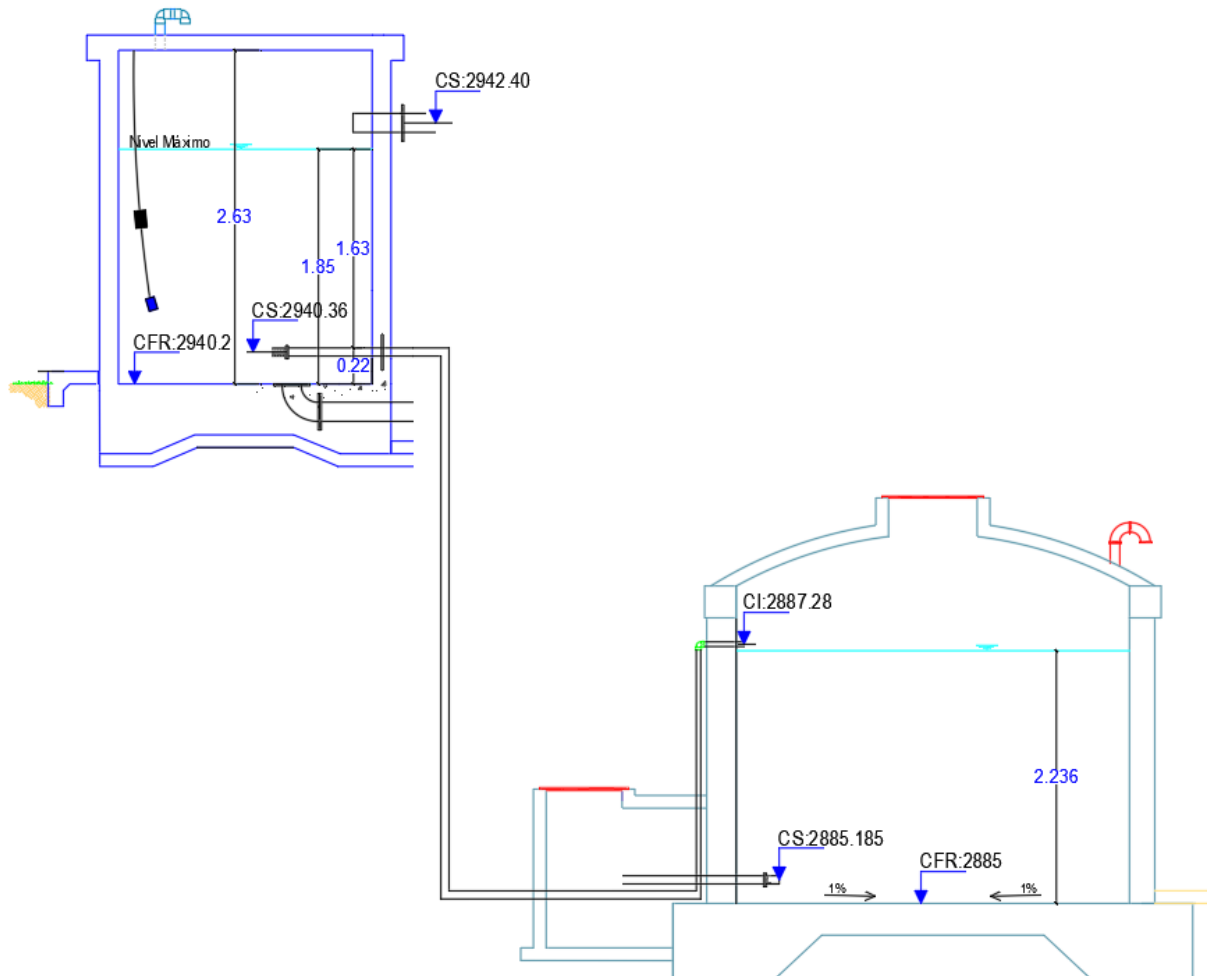
Longitud de la línea de conducción: L = 492m

Qmd = 5.20 lt/s

Diámetro actual = 2.5" PVC C10

Figura 59

Diagrama de conducción de la cámara hasta el reservorio de Chames



✓ **Cálculo de diámetros:**

Consideraciones del MVCS: $V_{\max} = 3 \frac{m}{s}$ y $V_{\min} = 0.6 \frac{m}{s}$

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{4 * Q_{md}}{\pi * V_{\min}}} = \sqrt{\frac{4 * 0.0052}{\pi * 0.6}} = 0.105 \text{ m} \approx 4"$$

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 * Q_{md}}{\pi * V_{\max}}} = \sqrt{\frac{4 * 0.0052}{\pi * 3}} = 0.046 \text{ m} \approx 1.84"$$

Evalutando los diámetros con las velocidades del reglamento se, se asume que la línea de conducción cumpliría con el diámetro actual de 2.5”.

✓ **Verificamos la velocidad para las condiciones actuales**

$$\text{Velocidad: } V = \frac{4 * Q_{md}}{\pi * D^2} = \frac{4 * 0.0052}{\pi * (2.5 * 0.0254)^2} = 1.64 \frac{m}{s}$$

Verificamos que la velocidad se encuentra dentro de los rangos de la normativa.

✓ **Perdida de carga:**

$$h_f = \frac{10.674 * L * Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} = \frac{10.674 * 492 * 0.0052^{1.852}}{140^{1.852} * 0.0635^{4.871}} = 22.25 \text{ m. c. a}$$

✓ **Presión en reservorio.** Con los datos del esquema determinamos la altura geométrica y restando las perdidas tenemos los siguientes resultados de presión en el reservorio.

$$P. \text{ Reservorio} = \text{Altura geométrica} - \text{perdidas} = 2940.36 - 2887.28 - 22.25 = 30.83 \text{ m.c.a.}$$

Se ha verificado que la presión de servicio de 30.83 m.c.a. en el reservorio cumple estrictamente con los límites establecidos en la normativa vigente. Este valor se sitúa dentro del rango operativo óptimo, superando ampliamente el mínimo de 2m.c.a. y manteniéndose por debajo del límite máximo de 60m.c.a. según la norma específica.

4.4.1.2. Evaluación de la línea de conducción Chames:

Con el mismo criterio que se usó para de San Pedro, se realizó un análisis de los registros de consumos diarios ya obtenidos en los días de uso. A partir de estos datos y la correlación entre los volúmenes de consumo y los tiempos de servicio, se determinó el Caudal Máximo Diario Qmd tomando como referencia la jornada o día de mayor demanda de la población.

Tabla 49. Caudal medio para el día de máximo consumo del sistema Chames

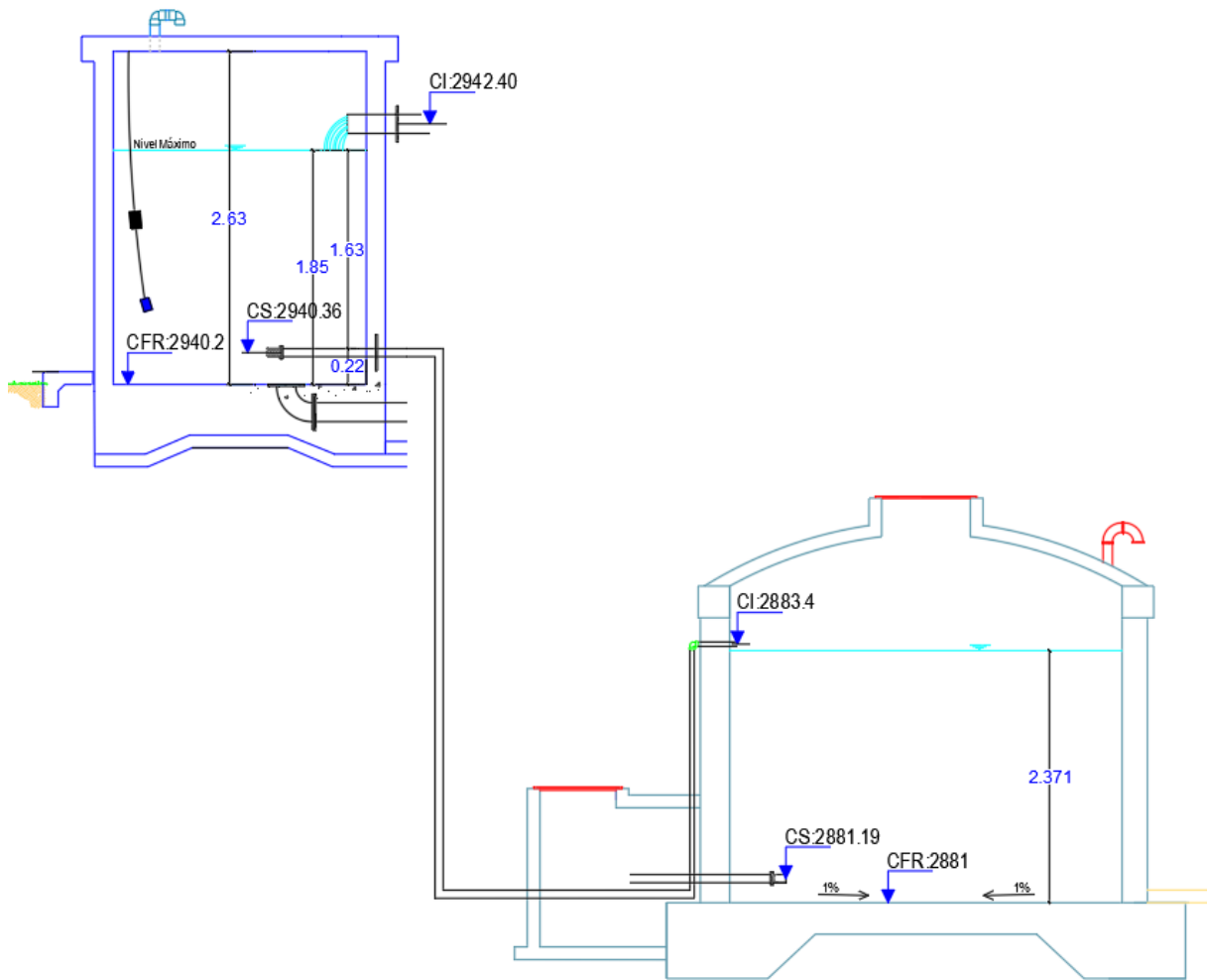
FECHA:	volumen (lt)	tiempo total	Qmedio (lt/s)	Máximo valor(lt/s)
VIERNES 29 DE AGOSTO	58,993.40	04 horas 05 min 48 seg 35 centésimas	4.00	4.00
SABADO 30 DE AGOSTO	41,564.04	2 horas 53 min 11 seg 01 centésimas	4.00	
VIERNES 05 DE SEPTIEMBRE	61,292.80	04 horas 15 min 23 seg 20 centésimas	4.00	
SABADO 06 DE SEPTIEMBRE	42,918.72	2 horas 58 min 49 seg 67 centésimas	4.00	
VIERNES 12 DE SEPTIEMBRE	58,160.00	04 horas 02 min 19 seg 00 centésimas	4.00	
SABADO 13 DE SEPTIEMBRE	42,012.26	02 horas 55 min 02 seg 35 centésimas	4.00	
VIERNES 19 DE SEPTIEMBRE	58,953.32	04 horas 05 min 38 seg 33 centésimas	4.00	
SABADO 20 DE SEPTIEMBRE	43,210.20	3horas 00 min 02 seg 56 centésimas	4.00	

Además, tenemos los siguientes datos:

- Longitud de la línea de conducción: L = 351m
- Qmd = 4 lt/s
- Diámetro actual = 2.5” PVC C10

Figura 60

Diagrama de conducción Chames



✓ **Cálculo de diámetros:**

Consideraciones del MVCS: $V_{\max} = 3 \frac{m}{s}$ y $V_{\min} = 0.6 \frac{m}{s}$

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{4 * Q_{md}}{\pi * V_{\min}}} = \sqrt{\frac{4 * 0.004}{\pi * 0.6}} = 0.092m \approx 3.62"$$

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 * Q_{md}}{\pi * V_{\max}}} = \sqrt{\frac{4 * 0.004}{\pi * 3}} = 0.041m \approx 1.62"$$

Evaluando los diámetros con las velocidades del reglamento se, se asume que la línea de conducción cumpliría con el diámetro actual de 2.5”.

✓ **Verificamos la velocidad para las condiciones actuales**

$$\text{Velocidad: } V = \frac{4 * Q_{md}}{\pi * D^2} = \frac{4 * 0.004}{\pi * (2.5 * 0.0254)^2} = 1.263 \frac{m}{s}$$

Verificamos que la velocidad se encuentra plenamente dentro de los rangos establecidos por la normativa vigente.

✓ **Perdida de carga:**

$$hf = \frac{10.674 * L * Q^{1.852}}{C^{1.852} * D^{4.871}} = \frac{10.674 * 351 * 0.004^{1.852}}{140^{1.852} * 0.0635^{4.871}} = 9.77 \text{ m. c. a}$$

✓ **Presión en reservorio.** Con los datos del esquema determinamos la altura geométrica y restando las perdidas tenemos los siguientes resultados de presión en el reservorio.

$$Q. \text{ Reservorio} = \text{Altura geométrica} - \text{perdidas} = 2940.36 - 2883.4 - 9.77 = 47.19 \text{ m.c.a.}$$

Se ha verificado que la presión de servicio de 47.19 m.c.a. en el reservorio cumple estrictamente con los límites establecidos en la normativa vigente. Este valor se sitúa dentro del rango operativo óptimo, superando ampliamente el mínimo de 2m.c.a. y manteniéndose por debajo del límite máximo de 60m.c.a. según la norma específica.

4.5.3. Evaluación de las líneas de aducción:

4.4.2.1. Evaluación de la línea de aducción San Pedro:

Para la evaluación de la línea de aducción, se adoptó un criterio consistente con el análisis de la línea de conducción. A partir del registro detallado de los caudales horarios durante los días de operación del sistema, se identificó el caudal máximo horario Qmh, parámetro que permitió verificar la capacidad de la tubería para transportar los picos de demanda instantánea.

Tabla 50. Caudal máximo horario para los días de uso del sistema San Pedro.

	Consumo de caudal por horas (lt/s)							Máximos valores	Máximo
	(8-9) am	(9-10) am	(10-11) am	(11-12) am	(12-1) pm	(2-3) pm	(3-4) pm		
VIERNES 29 DE AGOSTO	6.47	5.76	4.00	4.00	0.40	4.00	1.44	6.47	6.82
SABADO 30 DE AGOSTO	5.81	6.01	4.00	3.06	0.00	0.00	0.00	6.01	
VIERNES 05 DE SEPTIEMBRE	6.82	5.67	4.00	4.00	0.21	4.00	1.58	6.82	
SABADO 06 DE SEPTIEMBRE	6.53	5.89	4.00	1.55	0.00	0.00	0.00	6.53	
VIERNES 12 DE SEPTIEMBRE	6.76	5.67	4.00	4.00	0.19	4.00	1.00	6.76	
SABADO 13 DE SEPTIEMBRE	5.59	6.03	4.00	3.04	0.00	0.00	0.00	6.03	
VIERNES 19 DE SEPTIEMBRE	6.67	5.69	4.00	4.00	0.41	4.00	1.28	6.67	
SABADO 20 DE SEPTIEMBRE	5.84	6.05	4.00	2.29	0.00	0.00	0.00	6.05	

Datos:

$$Qmh = 6.82 \text{ lt}$$

Diámetro actual: 2" pvc C10

Consideraciones del MVCS: $V_{\max} = 3 \frac{m}{s}$ y $V_{\min} = 0.6 \frac{m}{s}$

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{4 * Q_{md}}{\pi * V_{\min}}} = \sqrt{\frac{4 * 0.00682}{\pi * 0.6}} = 0.12m \approx 4.7''$$

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 * Q_{md}}{\pi * V_{\max}}} = \sqrt{\frac{4 * 0.00682}{\pi * 3}} = 0.053m \approx 2''$$

Este resultado, al comparar con la tubería instalada, se concluye que el diámetro nominal de 2" existente es técnicamente adecuado para las condiciones de operación del sistema.

4.4.2.2. Evaluación de la línea de aducción Chames:

Para evaluar la línea de aducción de Chames adoptamos el mismo criterio que se usó en la línea de aducción para San Pedro:

Tabla 51. Caudal máximo horario para los días de uso del sistema Chames

	Consumo de caudales por hora (lt/s)					Máximos valores	Máximo
	(8-9) am	(9-10) am	(10-11) am	(11-12) am	(12-1) pm		
LUNES 02 DE SEPTIEMBRE	4.33	3.95	3.93	3.80	0.38	4.33	4.33
MARTES 02 DE SEPTIEMBRE	3.03	2.99	2.96	2.35	0.21	3.03	
LUNES 08 DE SEPTIEMBRE	4.19	3.89	3.93	3.80	1.22	4.19	
MARTES 09 DE SEPTIEMBRE	3.02	2.84	3.00	2.18	0.89	3.02	
LUNES 15 DE SEPTIEMBRE	4.33	4.05	3.89	3.70	0.19	4.33	
MARTES 16 DE SEPTIEMBRE	3.25	2.89	2.97	2.18	0.38	3.25	
LUNES 22 DE SEPTIEMBRE	4.19	4.05	3.89	3.86	0.11	4.19	
MARTES 23 DE SEPTIEMBRE	3.09	3.12	3.07	2.28	0.44	3.12	

Consideraciones del MVCS: $V_{\max} = 3 \frac{m}{s}$ y $V_{\min} = 0.6 \frac{m}{s}$

$$D_{\max} = \sqrt{\frac{4 * Q_{md}}{\pi * V_{\min}}} = \sqrt{\frac{4 * 0.0043}{\pi * 0.6}} = 0.095m \approx 3.7''$$

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 * Q_{md}}{\pi * V_{\max}}} = \sqrt{\frac{4 * 0.0043}{\pi * 3}} = 0.042 \approx 1.68''$$

Se concluye que el diámetro nominal de 2" existente es técnicamente adecuado para las condiciones de operación del sistema.

4.5.4. Evaluación de la red de distribución.

4.5.4.1. Evaluación de la red de distribución San Pedro.

El sistema de distribución de la comunidad de San Pedro consiste en una red abierta que utiliza tubería con diámetros de 1 ½”, 1” y ¾”, culminando en conexiones domiciliarias de ½”. Para validar el funcionamiento hidráulico, se realizó una evaluación teórica mediante el software WaterCAD, cuyos resultados fueron contrastados con mediciones de presión in situ. Dichas pruebas de campo se efectuaron durante el periodo de máxima demanda matutina, momento en que la población realiza el acopio de agua, asegurando así el análisis del sistema bajo condiciones críticas de operación.

Las consideraciones para la evaluación del sistema son las siguientes:

- La presión mínima de servicio en cualquier punto de la red o línea de alimentación de agua no debe ser menor de 5 m.c.a.
- La presión estática no debe ser mayor de 60 m.c.a
- Los diámetros mínimos de las tuberías principales de redes abiertas son de ¾”

Tabla 52. *Reporte de nodos San Pedro*

REPORTE DE NODOS				
NODO	ELEVACIÓN (m)	CAUDAL (L/s)	GRADIENTE HIDRÁULICO	PRESIÓN (m H ₂ O)
P-1	2555.32	0.005	2586.12	30.74
P-2	2555.01	0.005	2586.12	31.05
P-3	2595.35	0.010	2601.76	6.40
P-4	2595.58	0.005	2601.76	6.17
P-5	2508.64	0.010	2535.93	27.24
P-6	2508.20	0.005	2535.93	27.68
P-7	2534.79	0.005	2585.40	50.51
P-8	2533.27	0.005	2585.39	52.02
P-9	2627.63	0.010	2650.43	22.75
P-10	2626.90	0.005	2650.43	23.48
P-11	2610.00	0.010	2650.27	40.19
P-12	2610.00	0.005	2650.27	40.19
P-13	2625.62	0.010	2650.55	24.88
P-14	2625.33	0.005	2650.55	25.17
P-15	2365.00	0.015	2385.47	20.43
P-16	2362.71	0.005	2385.46	22.71
P-17	2627.38	0.020	2650.48	23.05
P-18	2626.18	0.005	2650.48	24.24
P-19	2516.27	0.005	2550.24	33.90
P-20	2516.43	0.010	2550.24	33.75
P-21	2633.68	0.005	2650.60	16.88

P-22	2631.61	0.005	2650.59	18.94
P-23	2607.80	0.010	2650.19	42.31
P-24	2605.41	0.005	2650.19	44.69
P-25	2656.04	0.010	2687.28	31.17
P-26	2655.98	0.005	2687.27	31.23
P-27	2693.80	0.005	2735.53	41.65
P-28	2696.35	0.005	2735.52	39.10
P-29	2529.24	0.010	2585.39	56.04
P-30	2525.30	0.005	2585.39	59.97
P-31	2601.14	0.005	2650.27	49.02
P-32	2600.26	0.005	2650.26	49.90
P-33	2623.13	0.005	2650.20	27.01
P-34	2623.62	0.005	2650.20	26.52
P-35	2530.61	0.005	2585.39	54.67
P-36	2531.01	0.005	2585.39	54.27
P-37	2565.34	0.005	2594.30	28.90
P-38	2565.00	0.005	2594.29	29.24
P-39	2520.39	0.005	2586.10	65.59
P-40	2520.25	0.005	2586.10	65.72
P-41	2599.19	0.020	2650.17	50.87
P-42	2593.93	0.005	2650.16	56.12
P-43	2667.68	0.020	2687.49	19.77
P-44	2669.11	0.005	2687.48	18.34
P-45	2398.12	0.015	2435.97	37.77
P-46	2396.68	0.005	2435.96	39.21
P-47	2610.54	0.010	2650.26	39.64
P-48	2610.42	0.005	2650.25	39.76
P-49	2623.40	0.020	2650.59	27.13
P-50	2623.77	0.005	2650.58	26.76
P-51	2637.58	0.005	2650.64	13.03
P-52	2642.35	0.005	2650.64	8.27
P-53	2589.99	0.010	2650.16	60.04
P-55	2610.00	0.005	2650.26	40.18
P-56	2604.32	0.005	2650.26	45.84
P-57	2550.02	0.005	2586.02	35.93
P-58	2546.97	0.005	2586.02	38.97
P-59	2539.42	0.010	2585.46	45.95
P-60	2536.02	0.005	2585.46	49.33
P-61	2625.00	0.015	2650.25	25.20
P-62	2625.00	0.005	2650.24	25.19
P-63	2697.22	0.015	2737.41	40.11
P-64	2702.58	0.005	2737.40	34.75
P-65	2550.08	0.010	2601.68	51.50
P-66	2546.59	0.005	2601.67	54.97
P-67	2575.38	0.005	2601.71	26.27
P-68	2570.00	0.005	2601.71	31.65
P-69	2553.53	0.005	2601.68	48.06
P-70	2554.34	0.005	2601.68	47.25

P-71	2556.88	0.005	2585.43	28.50
P-72	2554.19	0.005	2585.43	31.17
P-73	2742.81	0.005	2785.95	43.06
P-74	2740.86	0.005	2785.95	44.99
P-75	2621.16	0.010	2635.57	14.38
P-76	2621.74	0.005	2635.57	13.80
P-77	2588.64	0.015	2637.18	48.44
P-78	2587.30	0.005	2637.17	49.77
P-79	2565.20	0.015	2601.70	36.43
P-80	2561.76	0.005	2601.69	39.85
P-81	2593.87	0.005	2638.53	44.57
P-82	2581.26	0.005	2638.52	57.15
P-83	2591.43	0.005	2601.74	10.29
P-84	2587.17	0.005	2601.74	14.53
P-85	2589.57	0.005	2601.74	12.15
P-86	2581.37	0.005	2601.73	20.32
P-87	2603.19	0.005	2637.19	33.93
P-88	2599.08	0.005	2637.18	38.02
P-89	2624.69	0.015	2638.58	13.86
P-90	2618.36	0.005	2638.57	20.17
P-91	2721.27	0.000	2735.55	14.26
P-92	2718.92	0.005	2735.54	16.59
P-93	2540.23	0.010	2594.25	53.90
P-94	2536.33	0.005	2594.24	57.79
P-95	2467.68	0.005	2485.52	17.81
P-96	2463.53	0.005	2485.52	21.94
P-97	2631.48	0.020	2650.59	19.07
P-98	2629.67	0.005	2650.58	20.86
P-99	2758.69	0.015	2786.00	27.25
P-100	2754.07	0.005	2785.99	31.86
P-101	2607.92	0.020	2650.17	42.17
P-102	2610.11	0.005	2650.16	39.97
P-103	2520.80	0.010	2535.97	15.14
P-104	2511.65	0.005	2535.96	24.26
P-105	2635.01	0.005	2650.60	15.56
P-106	2631.13	0.005	2650.60	19.44
P-107	2566.18	0.005	2585.77	19.56
P-108	2563.56	0.005	2585.76	22.16
P-109	2589.39	0.005	2636.11	46.63
P-110	2592.34	0.005	2636.10	43.67
P-111	2628.70	0.005	2650.47	21.72
P-112	2624.14	0.005	2650.46	26.27
P-113	2533.01	0.005	2536.00	2.98
P-114	2523.78	0.005	2535.99	12.19
P-115	2515.00	0.005	2550.24	35.17
P-116	2509.44	0.005	2550.23	40.71
P-117	2663.06	0.005	2686.65	23.54
P-118	2662.92	0.005	2686.64	23.67

P-119	2638.79	0.005	2687.47	48.57
P-120	2637.63	0.005	2687.46	49.73
P-121	2651.07	0.005	2686.63	35.49
P-122	2662.41	0.005	2686.64	24.18
P-123	2524.18	0.005	2535.50	11.30
P-124	2521.82	0.005	2535.49	13.64
P-125	2557.55	0.005	2585.77	28.16
P-126	2548.55	0.005	2585.76	37.13
P-127	2590.49	0.005	2650.56	59.94
P-128	2600.60	0.005	2650.57	49.87
P-129	2623.97	0.005	2650.61	26.59
P-130	2635.37	0.005	2650.62	15.22
P-131	2539.71	0.005	2594.22	54.40
P-132	2527.93	0.005	2594.21	66.14
P-133	2653.03	0.005	2686.57	33.47
P-134	2653.93	0.005	2686.55	32.56
P-135	2639.13	0.005	2650.62	11.47
P-136	2632.54	0.005	2650.61	18.03
P-137	2515.59	0.000	2535.40	19.77
P-138	2512.14	0.005	2535.39	23.20
P-139	2543.36	0.005	2585.47	42.02
P-140	2540.00	0.005	2585.45	45.36
P-141	2715.29	0.005	2737.54	22.20
P-142	2732.82	0.005	2737.52	4.70
P-143	2489.33	0.005	2535.37	45.95
P-144	2481.95	0.005	2535.36	53.30
P-145	2628.11	0.005	2650.44	22.28
P-146	2620.74	0.005	2650.42	29.62
P-147	2677.96	0.005	2686.89	8.91
P-148	2659.39	0.005	2686.87	27.43
P-149	2754.17	0.005	2785.99	31.76
P-150	2736.81	0.005	2785.97	49.06
P-151	2586.19	0.005	2650.25	63.93
P-152	2597.10	0.005	2650.26	53.05
P-153	2536.41	0.005	2585.95	49.44
P-154	2533.33	0.005	2585.93	52.49
P-155	2540.00	0.005	2594.25	54.14
P-156	2530.73	0.005	2594.23	63.37
P-157	2598.87	0.005	2650.57	51.60
P-158	2587.49	0.005	2650.55	62.94
P-160	2588.76	0.005	2650.14	61.25
P-161	2689.64	0.005	2735.31	45.58
P-162	2682.23	0.005	2735.29	52.96
P-164	2595.79	0.005	2638.55	42.67
P-166	2457.57	0.005	2485.50	27.87
P-167	2343.93	0.005	2385.67	41.65
P-170	2720.00	0.005	2735.54	15.51
P-172	2496.32	0.005	2535.38	38.99

P-173	2398.26	0.005	2435.95	37.61
P-176	2530.00	0.005	2585.44	55.33
P-178	2395.28	0.005	2438.75	43.39
P-180	2508.02	0.005	2535.91	27.83
P-181	2519.46	0.005	2594.36	74.74
P-184	2623.66	0.005	2650.56	26.85
P-186	2506.58	0.005	2535.38	28.74
P-188	2520.00	0.005	2535.38	15.35
P-189	2354.67	0.005	2385.43	30.70
P-192	2516.77	0.005	2585.39	68.48
P-194	2557.12	0.005	2585.39	28.21
P-195	2575.00	0.005	2650.07	74.92
P-199	2556.96	0.005	2585.77	28.75
P-200	2522.62	0.005	2535.94	13.29
P-201	2520.00	0.010	2586.10	65.97
P-202	2597.78	0.015	2650.57	52.68
P-205	2500.00	0.005	2535.41	35.34

De los resultados del modelamiento en watercad, tenemos una presión mínima de 12.19 m.c.a. (P-114), lo cual cumple con las presiones normativas; y 10 medidas de presión mayores a 60 m.c.a. que representa el 10.4% del total de viviendas, y con una presión máxima de 74.92 m.c.a. (P-195).

Así mismo se realizó mediciones de presiones en campo con uso de nanómetro en 15 viviendas cerca de los nodos y en las partes finales de los ramales, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 53. *Presiones de campo San Pedro*

PRESIONES SAN PEDRO							
PUNTO	NODO	UBICACIÓN		PRESIONES EN CAMPO		WATERCAD m.c.a.	DIFERENCIA DE PRESIONES
		ESTE	NORTE	psi	m.c.a.		
1	P-181	761812.59	9285900.62	110	77.34	74.74	2.60
2	P-186	759439.92	9285625.45	42	29.53	28.74	0.79
3	P-172	759431.30	9285663.12	51	35.86	38.99	3.13
4	P-205	759349.38	9285615.80	52	36.56	35.34	1.22
5	P-126	759605.21	9285431.24	49	34.45	37.13	2.68
6	P-199	759618.13	9285389.61	38	26.72	28.75	2.03
7	P-78	759585.09	9285285.88	72	50.62	49.77	0.85
8	P-116	760358.13	9286004.96	53	37.26	40.71	3.45
9	P-19	760390.72	9285981.39	52	36.56	33.90	2.66
10	P-180	760104.01	9285968.74	42	29.53	27.83	1.70
11	P-200	760145.37	9285876.72	17	11.95	13.29	1.34
12	P-166	759633.43	9286075.22	40	28.12	27.87	0.25
13	P-144	759667.41	9285989.41	82	57.65	53.30	4.35

14	P-156	759830.07	9285844.82	92	64.68	63.37	1.31
15	P-121	760569.80	9285261.73	47	33.04	35.49	2.45

Al analizar las presiones en campo, se obtuvieron presiones mínimas de 11.95 m.c.a. (P-200), y presiones máximas de 77.34 m.c.a. (P-181) los que, al comparar con los resultados del modelamiento, se obtuvo una diferencia máxima de 4.35 m.c.a. (p-144)

Figura 61

Medición de presiones mínimas y máximas con nanómetro en campo: San Pedro.



Además, también tenemos el reporte de velocidades en las tuberías. En la comunidad de San Pedro, tenemos como resultado velocidades de modelamiento mínimas de 0.6 m/s y máximas de 0.883m/s, lo que da a conocer que estas velocidades cumplen con las

velocidades mínimas de 0.6 m/s establecidas en la norma del ministerio de vivienda (Véase en el anexo 01). Además, tenemos un reporte de las cámaras rompe presión, las que cumplen con los requerimientos excepto la válvula número 30 que excede en 3.99 m.c.a. al límite normativo. Los resultados se presentan en el anexo 4.

4.5.4.2. Evaluación de la red de distribución Chames.

Con las mismas consideraciones que para la red de distribución de San Pedro, evaluamos la red de distribución de Chames, haciendo uso del programa watercad obtenemos los siguientes resultados de presiones.

Tabla 54. *Reporte de nodos Chames*

REPORTE DE NODOS				
NODO	ELEVACIÓN (m)	CAUDAL (L/s)	GRADIENTE HIDRÁULICO	PRESIÓN (m H ₂ O)
P-1	2532.08	0.003	2579.43	47.26
P-2	2531.59	0.003	2579.43	47.75
P-3	2617.21	0.003	2630.39	13.15
P-4	2616.47	0.003	2630.38	13.89
P-5	2489.33	0.003	2530.52	41.11
P-6	2488.42	0.003	2530.52	42.02
P-7	2581.49	0.006	2630.27	48.69
P-8	2578.78	0.003	2630.27	51.38
P-9	2640.00	0.003	2680.86	40.77
P-10	2640.00	0.003	2680.85	40.77
P-11	2630.00	0.006	2680.88	50.77
P-12	2627.42	0.003	2680.88	53.35
P-13	2624.42	0.006	2630.66	6.22
P-14	2624.46	0.003	2630.65	6.18
P-15	2554.79	0.009	2580.54	25.70
P-16	2551.96	0.003	2580.54	28.52
P-17	2586.45	0.003	2630.34	43.80
P-18	2584.97	0.003	2630.34	45.27
P-19	2590.74	0.003	2630.52	39.71
P-20	2592.76	0.003	2630.52	37.68
P-21	2622.08	0.006	2630.95	8.85
P-22	2616.20	0.003	2630.95	14.71
P-23	2546.55	0.003	2591.17	44.53
P-24	2544.97	0.003	2591.17	46.11
P-25	2470.00	0.003	2480.44	10.42
P-26	2468.28	0.003	2480.44	12.13
P-27	2685.00	0.006	2738.46	53.35
P-28	2681.72	0.003	2738.45	56.62
P-29	2571.11	0.003	2580.55	9.42
P-30	2570.82	0.003	2580.55	9.71
P-31	2690.70	0.006	2737.77	46.97

P-32	2688.75	0.003	2737.76	48.91
P-33	2740.03	0.003	2780.95	40.85
P-34	2740.04	0.003	2780.95	40.83
P-35	2497.75	0.006	2530.42	32.60
P-36	2490.55	0.003	2530.41	39.78
P-37	2655.23	0.006	2670.39	15.13
P-38	2654.70	0.003	2670.39	15.66
P-39	2562.12	0.003	2591.18	29.00
P-40	2558.82	0.003	2591.18	32.29
P-41	2720.71	0.006	2737.79	17.05
P-42	2719.53	0.003	2737.79	18.22
P-43	2477.02	0.009	2490.36	13.32
P-44	2474.19	0.003	2490.36	16.13
P-45	2570.62	0.006	2626.94	56.20
P-46	2564.99	0.003	2626.94	61.82
P-47	2498.28	0.003	2530.30	31.95
P-48	2506.30	0.003	2530.30	23.95
P-49	2610.00	0.003	2630.37	20.32
P-50	2605.42	0.003	2630.37	24.90
P-51	2519.17	0.003	2530.56	11.36
P-52	2519.51	0.003	2530.55	11.02
P-53	2783.05	0.003	2821.78	38.65
P-54	2777.62	0.003	2821.78	44.07
P-55	2533.22	0.006	2584.49	51.17
P-56	2526.30	0.003	2584.49	58.08
P-57	2669.92	0.003	2680.65	10.71
P-58	2669.59	0.003	2680.64	11.03
P-59	2484.96	0.003	2530.46	45.41
P-60	2482.73	0.003	2530.46	47.63
P-61	2493.00	0.006	2530.75	37.68
P-62	2490.92	0.003	2530.75	39.75
P-63	2616.21	0.003	2635.75	19.50
P-64	2630.12	0.006	2635.75	5.62
P-65	2559.79	0.003	2580.04	20.21
P-66	2553.72	0.003	2580.04	26.26
P-67	2684.89	0.003	2731.12	46.14
P-68	2683.78	0.003	2731.12	47.24
P-69	2705.35	0.003	2737.74	32.32
P-70	2705.28	0.006	2737.74	32.40
P-71	2603.00	0.003	2626.94	23.89
P-72	2584.40	0.003	2626.94	42.46
P-73	2560.00	0.003	2591.17	31.10
P-74	2556.57	0.003	2591.16	34.52
P-75	2584.18	0.006	2630.53	46.25
P-76	2576.51	0.003	2630.52	53.91
P-77	2666.57	0.003	2680.89	14.29
P-78	2663.61	0.003	2680.89	17.25
P-79	2677.43	0.003	2730.67	53.13

P-80	2674.62	0.003	2730.66	55.94
P-81	2626.33	0.003	2674.49	48.06
P-82	2639.34	0.003	2674.49	35.08
P-83	2492.10	0.003	2530.42	38.24
P-84	2486.57	0.003	2530.41	43.76
P-85	2610.97	0.006	2630.95	19.94
P-86	2598.79	0.003	2630.94	32.09
P-87	2635.18	0.006	2680.63	45.36
P-88	2620.52	0.003	2680.63	59.99
P-89	2670.00	0.006	2730.69	60.57
P-90	2670.00	0.003	2730.68	60.56
P-91	2544.85	0.009	2580.39	35.47
P-92	2541.45	0.003	2580.39	38.86
P-93	2610.06	0.009	2630.38	20.28
P-94	2605.39	0.003	2630.37	24.93
P-95	2608.94	0.003	2630.65	21.66
P-96	2598.55	0.003	2630.64	32.02
P-97	2704.14	0.003	2780.39	76.10
P-98	2719.36	0.006	2780.39	60.91
P-99	2494.75	0.003	2530.29	35.47
P-100	2621.91	0.003	2680.84	58.82
P-101	2630.03	0.003	2680.85	50.72
P-102	2600.01	0.006	2635.72	35.64
P-103	2591.84	0.003	2635.71	43.79
P-104	2691.60	0.003	2737.77	46.07
P-105	2669.92	0.003	2737.76	67.70
P-106	2630.33	0.003	2680.63	50.19
P-107	2643.97	0.003	2680.63	36.59
P-108	2497.00	0.006	2530.46	33.40
P-109	2485.04	0.003	2530.46	45.32
P-110	2687.77	0.009	2738.49	50.62
P-111	2675.05	0.003	2738.48	63.30
P-112	2647.90	0.003	2670.39	22.44
P-113	2622.16	0.003	2670.39	48.13
P-114	2601.80	0.006	2630.33	28.48
P-115	2588.64	0.003	2630.33	41.61
P-116	2636.47	0.006	2680.85	44.29
P-117	2623.00	0.003	2680.85	57.73
P-118	2631.10	0.003	2680.47	49.27
P-119	2642.71	0.003	2680.48	37.69
P-120	2515.60	0.003	2530.47	14.84
P-121	2508.25	0.003	2530.46	22.17
P-122	2639.36	0.003	2680.88	41.44
P-123	2664.15	0.006	2680.89	16.71
P-124	2575.09	0.003	2630.34	55.14
P-125	2599.20	0.006	2630.35	31.08
P-126	2490.16	0.006	2535.74	45.49
P-127	2485.66	0.003	2535.73	49.97

P-128	2624.81	0.003	2680.87	55.94
P-129	2621.92	0.003	2680.86	58.82
P-130	2587.14	0.003	2630.38	43.16
P-131	2611.42	0.006	2630.39	18.93
P-132	2578.65	0.003	2591.20	12.52
P-133	2583.23	0.003	2591.21	7.96
P-134	2479.96	0.003	2530.42	50.36
P-135	2472.68	0.003	2530.41	57.62
P-136	2710.52	0.003	2737.81	27.23
P-137	2688.22	0.003	2737.80	49.47
P-138	2542.90	0.006	2591.17	48.18
P-139	2529.95	0.003	2591.16	61.09
P-140	2564.11	0.003	2579.48	15.33
P-141	2541.80	0.003	2579.47	37.59
P-142	2471.03	0.006	2490.36	19.28
P-143	2454.86	0.003	2490.35	35.42
P-144	2564.03	0.003	2584.51	20.44
P-145	2545.00	0.003	2584.50	39.42
P-146	2544.07	0.006	2591.17	47.01
P-147	2521.83	0.003	2591.16	69.19
P-148	2547.87	0.003	2591.17	43.21
P-149	2541.32	0.003	2591.16	49.74
P-150	2471.95	0.003	2530.73	58.66
P-151	2480.29	0.003	2530.75	50.36
P-152	2669.03	0.003	2681.29	12.24
P-153	2660.79	0.003	2681.28	20.45
P-154	2775.60	0.003	2880.17	104.36
P-155	2857.63	0.006	2880.18	22.51
P-156	2646.63	0.006	2680.87	34.17
P-157	2643.38	0.003	2680.86	37.40
P-158	2573.79	0.006	2582.06	8.25
P-159	2547.36	0.003	2582.04	34.61
P-160	2628.06	0.003	2630.66	2.59
P-161	2613.06	0.003	2630.65	17.55
P-162	2554.56	0.003	2580.54	25.92
P-163	2518.37	0.003	2580.52	62.03
P-164	2692.69	0.003	2731.13	38.36
P-165	2636.99	0.003	2731.12	93.94
P-166	2595.00	0.006	2631.02	35.95
P-167	2591.26	0.003	2631.00	39.66
P-168	2718.76	0.006	2738.48	19.68
P-169	2690.02	0.003	2738.46	48.35
P-170	2549.99	0.003	2580.53	30.47
P-171	2562.50	0.003	2580.55	18.01
P-172	2628.60	0.003	2631.03	2.42
P-173	2588.84	0.003	2631.01	42.09
P-174	2538.96	0.003	2591.15	52.09
P-175	2554.09	0.003	2591.17	37.01

P-176	2457.14	0.003	2480.42	23.23
P-177	2466.38	0.003	2480.44	14.03
P-178	2506.85	0.003	2579.38	72.39
P-179	2532.11	0.006	2579.43	47.23
P-180	2578.57	0.009	2579.56	0.98
P-181	2578.49	0.003	2579.56	1.06
P-182	2669.14	0.003	2680.65	11.49
P-183	2634.26	0.003	2680.63	46.28
P-184	2570.17	0.006	2626.94	56.66
P-185	2480.27	0.009	2530.75	50.38
P-186	2572.95	0.003	2582.06	9.09
P-188	2528.79	0.003	2530.48	1.69
P-189	2717.94	0.003	2780.39	62.32
P-190	2479.87	0.003	2530.42	50.45
P-191	2484.68	0.003	2530.46	45.69
P-192	2553.71	0.003	2580.54	26.78
P-193	2490.11	0.006	2535.74	45.53
P-194	2543.07	0.003	2591.17	48.00
P-195	2546.88	0.003	2591.17	44.20
P-196	2544.44	0.003	2580.39	35.88
P-197	2490.00	0.006	2530.42	40.33
P-198	2608.73	0.003	2630.95	22.17
P-199	2558.48	0.003	2580.04	21.52
P-202	2681.02	0.003	2738.46	57.32
P-208	2542.98	0.006	2579.45	36.40

Del reporte de Watercad tenemos una presión mínima de 6.18 m.c.a. (P-14) que cumple con la normativa y un total de 12 presiones que sobrepasan los 60 m.c.a. que representa el 13.3% del total de viviendas, obteniendo una presión máxima de 104.36 m.c.a. (P-154).

Asimismo, evaluando las presiones en campo, y aplicando el mismo criterio que en la comunidad de San Pedro, hemos medido las presiones en 15 puntos, tenemos los siguientes resultados.

Tabla 55. *Presiones de campo Chames*

PRESIONES CHAMES							
PUNTO	NODO	UBICACIÓN		PRESIONES EN CAMPO		WATERCAD m.c.a.	DIFERENCIA DE PRESIONES
		ESTE	NORTE	psi	m.c.a.		
1	P-139	761344.94	9284927.34	84	59.06	61.09	2.03
2	P-24	761438.04	9284905.81	61	42.89	46.11	3.22
3	P-74	761566.626	9284924.25	46	32.34	34.52	2.18
4	P-127	762181.78	9285047.05	66	46.40	49.97	3.57
5	P-143	762202.46	9284879.91	48	33.75	35.42	1.67
6	P-198	761435.92	9283893.06	28	19.69	22.17	2.48
7	P-86	761446.92	9283867.28	43	30.23	32.09	1.86
8	P-97	760867.05	9283991.9	108	75.93	76.1	0.17
9	P-80	761348.27	9283439.91	77	54.14	55.94	1.80
10	P-154	761424.84	9283148.15	155	108.98	104.36	4.62
11	P-178	761448.17	9286401.93	105	73.82	72.39	1.43
12	P-47	761903.45	9286072.78	41	28.83	31.95	3.12
13	P-99	761938.89	9286050.95	49	34.45	35.47	1.02
14	P-159	761134.6	9284920.94	44	30.94	34.61	3.67
15	P-167	760932.67	9284834.45	54	37.97	39.66	1.69

Al analizar las presiones obtenidas en campo, se obtuvieron presiones mínimas de 19.69 m.c.a. (P-198), y presiones máximas de 108.98 m.c.a. (P-154) los que, al comparar con los resultados del modelamiento, se obtuvo una diferencia máxima de 4.62 m.c.a. (p-154)

Figura 62

Medición de presiones mínimas y máximas con nanómetro en campo: Chames





Asimismo, en los resultados del reporte del programa, en la comunidad de Chames tenemos como velocidad mínima de 0.6m/s y una máxima de 0.708m/s. los reportes de estas velocidades se presentan en el anexo 02. Además de un reporte de las válvulas rompe presión, las que todas están dentro de los rangos normativos. Los resultados en el anexo 05

4.6 Evaluar la operación y mantenimiento del sistema de agua de consumo humano.

4.6.1. Operación y mantenimiento del sistema eléctrico.

Para evaluar la operación y mantenimiento del sistema actual se ha realizado inspecciones oculares en campo y en conjunto con la información de los comité de JASS y población se han identificado hallazgos críticos respecto a la sostenibilidad del sistema: A pesar de que el sistema se encuentra en operación desde el año 2022, no se ha ejecutado ningún plan de mantenimiento preventivo ni correctivo hasta la fecha, lo que podría conllevar a un riesgo de deterioro prematuro e incrementar la vulnerabilidad de los componentes electromecánicos del sistema. Si bien el sistema se ha mantenido robusto hasta la fecha, su vida útil proyectada depende directamente de la implementación inmediata de protocolos de operación y mantenimiento por parte de las JASS.

Entre las deficiencias recurrentes en los componentes de control y protección de las estaciones de bombeo que se ha podido observar son las siguientes: Se ha reportado la quema frecuente de contactores en los tableros de control, este fenómeno es consecuencia directa de la inestabilidad en la red de suministro, específicamente por fluctuaciones de tensión (picos y caídas de voltaje). Al operar con tensiones fuera del rango de diseño, las bobinas de los contactores sufren sobrecalentamiento y fallas en el aislamiento. También se observó la

falla recurrente de fusibles de alta tensión, ocasionada por cortes repentinos y restablecimientos bruscos del suministro de energía.

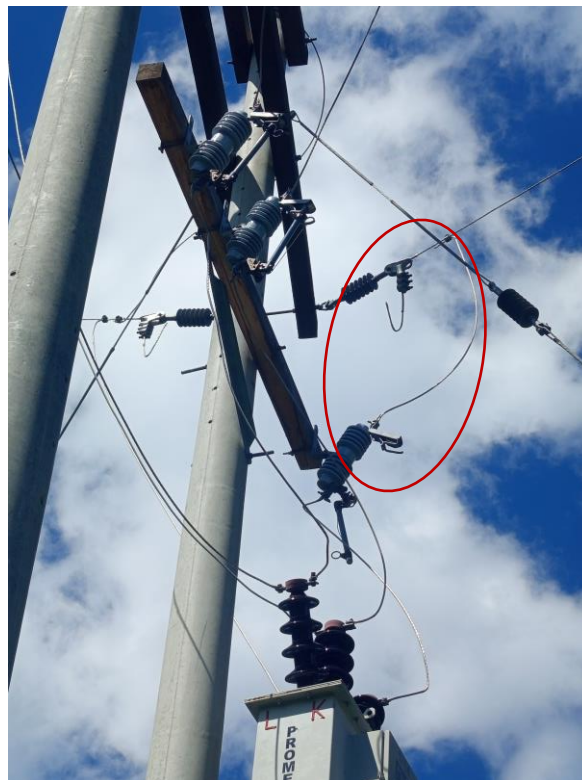
Figura 63

Reposición de contactores malogrados en estacion 01 por parte del técnico.



Figura 64

Quema de fusibles de alta tensión.



4.6.2. Operación y mantenimiento de bombas.

El sistema hidráulico que funciona de forma intermitente 4 días a la semana y con un aproximado de 38 horas, tampoco no ha recibido ningún tipo mantenimiento, en consecuencia, se observó presencia de sedimentos en las cisternas, esta acumulación pone en riesgo y reduce la vida útil de las electrobombas por la posible succión de sólidos. Se observó la presencia de óxido en elementos metálicos internos que se traduce en aumento de riesgos por contaminación bacteriológica del agua suministrada a la población.

Figura 65

Presencia de sedimentos y oxido en la estación 02



Figura 66
Componentes de bombas sumergibles



A partir de las observaciones de campo y el análisis de las encuestas aplicadas a los comités de la JASS y a los usuarios, se han identificado barreras críticas para el mantenimiento del sistema:

Dependencia de Personal Externo Especializado: Se colige que la ausencia de mantenimiento preventivo desde 2022 no se debe únicamente a la falta de voluntad, sino a la brecha de capacidades técnicas locales. La complejidad del sistema electromecánico y de control exige la intervención de personal técnico calificado, cuya contratación representa un costo operativo elevado que debe ser cubierto directamente por las cuotas familiares.

Impacto Socioeconómico: El costo de los servicios técnicos especializados impacta negativamente en la economía de los pobladores, lo que genera una resistencia a realizar mantenimientos preventivos. Esto ha derivado en una gestión de tipo reactiva, donde la comunidad solo invierte en el sistema cuando ocurre una falla total.

Mantenimiento Basado en Emergencias: Se ha constatado que la única demanda de asistencia técnica ocurre ante la quema de contactores y fusibles. Esta práctica es altamente ineficiente, ya que el costo de reparación de una emergencia (reponer un contactor quemado) es significativamente mayor al costo de un mantenimiento preventivo que evite dicha falla (instalación de protectores de tensión).

4.6.3. Uso, operación, mantenimiento y vigilancia del agua:

Con el objetivo de evaluar el desempeño operativo y la capacidad de gestión de las comunidades usuarias, se implementó una metodología de diagnóstico integral. Esta consistió en la inspección técnica ocular en campo, entrevistas directas con los beneficiarios

y la aplicación de encuestas estructuradas (ver Anexo 03) dirigidas tanto a los miembros del consejo directivo de la **JASS** como a los usuarios finales. Como resultado de este levantamiento de información, se han obtenido los siguientes alcances y hallazgos críticos sobre la sostenibilidad del sistema:

Inexistencia de Capacitación en operación y mantenimiento: Los operadores locales y la JASS no han recibido formación técnica sobre la operación y el mantenimiento preventivo del sistema. Esta carencia de conocimientos básicos impide que la comunidad realice tareas rutinarias básicas, forzándolos a depender de técnicos externos.

Abandono Administrativo y Municipal: Se evidencia una nula intervención por parte de la municipalidad (a través del Área Técnica Municipal - ATM) en lo que respecta a la asistencia técnica. La falta de charlas sobre el uso eficiente y manejo responsable del agua ha derivado en un desconocimiento sobre la importancia de la cuota familiar para la sostenibilidad del sistema. Se ha constatado que la población consume agua sin ningún tipo de tratamiento.

Brecha en Educación Sanitaria: No se han realizado jornadas de sensibilización sobre salud y hábitos de higiene. La educación sanitaria es el pilar que justifica la inversión en infraestructura; sin ella, el riesgo de enfermedades hídricas persiste, a pesar de contar con una red de agua funcional.

Carencia de Protocolos de Desinfección: Un hallazgo preocupante es que la comunidad nunca ha sido capacitada en procesos de limpieza y cloración de los sistemas de almacenamiento. Por lo que el personal operativo desconoce las dosificaciones de cloro y demás procedimientos sanitarios.

Restricción del Consumo por Percepción de Costo: Los usuarios manifiestan que se limitan a consumir las cantidades mínimas de agua debido a la percepción de que el costo operativo del bombeo es elevado. Esta restricción voluntaria del consumo puede derivar en un incumplimiento de los estándares de higiene personal y salud pública, invalidando el propósito social de la infraestructura instalada.

Ciclo de Gasto por Fallas Electromecánicas: La comunidad asocia el uso del sistema con un riesgo económico inminente. Como se describió en el diagnóstico eléctrico, la quema recurrente de contactores y otros componentes genera gastos imprevistos que deben ser cubiertos mediante cuotas extraordinarias. Estos desembolsos directos del bolsillo de los usuarios generan desconfianza y desincentivan el uso regular del servicio.

Inexistencia de un Fondo de Reserva: Se observó que la JASS no cuenta con un fondo de reserva o una cuota familiar bien estructurada que cubra las reposiciones de fallas.

Al no existir un plan de mantenimiento preventivo financiado, cualquier avería se convierte en una crisis económica familiar, lo que refuerza la idea de que el sistema es "caro" en lugar de verlo como un servicio esencial autogestionado.

Mantenimiento mediante el Sistema de Mingas: Ambas comunidades usuarias mantienen vigente la tradición de la minga anual. Esta jornada de trabajo colectivo se enfoca en la limpieza de vegetación (desbroce de monte) en las áreas circundantes a las estaciones de bombeo, la cámara de carga y el reservorio.

Percepción de riesgo por falta de capacitación: Existe una preocupación generalizada entre los operarios y comuneros respecto a la manipulación de las cisternas. Al no conocer los protocolos técnicos, la comunidad opta por no intervenir en la limpieza por temor a dañar involuntariamente los equipos electromecánicos.

Esquema de Vigilancia Compartida: Para garantizar la distribución equitativa del recurso, cada comunidad financia la contratación de dos (02) vigilantes por semana. Estos operadores inician su jornada a las 08:00 horas y permanecen en servicio hasta asegurar el abastecimiento total de los pobladores. El costo de esta vigilancia asciende a S/ 50.00 diarios por vigilante, este monto es cubierto íntegramente por los usuarios. Los vigilantes no solo cumplen funciones de control de válvulas; también actúan como operarios de mantenimiento básico, encargándose de la reparación de tuberías rotas y accesorios dañados. Sin embargo, al no haber recibido capacitación formal, estas reparaciones suelen ser de carácter paliativo (correctivo inmediato) y no preventivo.

Figura 67

Faena de limpieza anual en estaciones.



Figura 68

Falta de mantenimiento y limpieza en estación 02.



Figura 69

Acumulación de basura en rejilla de captación.



Figura 70

Válvula de ingreso en mal estado reservorio Chames.



4.7 Proponer alternativas de solución.

4.7.1. Alternativa 1: Gestionar la creación de un programa de operación y mantenimiento.

La primera alternativa se centra en el desempeño y la durabilidad del sistema. Tras las observaciones de campo, se corroboró la inexistencia de rutinas de operación y mantenimiento, así como la falta de capacitación de las JASS. Dado que esto compromete la eficacia del servicio, se propone lo siguiente:

- **Gestionar la creación de un plan de operación y mantenimiento para actividades que necesita personal calificado.**

Con el fin de prolongar la vida útil del sistema (tableros, bombas y componentes eléctricos), se propone implementar un calendario de mantenimiento rutinario y asegurar el respaldo de personal técnico calificado. Esta estrategia busca reducir la tasa de fallas, minimizar los costos correctivos y garantizar la estabilidad del servicio a largo plazo.

- **Gestionar la creación de un plan de operación y mantenimiento para actividades que necesita personal no calificado.**

Asimismo, se propone capacitar al personal de la JASS y a los vigilantes de turno en labores como la limpieza de reservorios y cisternas, inspección de válvulas, mantenimiento de sistemas de cloración y reparación de tuberías. El fortalecimiento de estas capacidades técnicas es fundamental para garantizar la continuidad y calidad del servicio

4.7.2. Alternativa 2: Corrección hidráulica del sistema de distribución.

La segunda alternativa se concentra en la eficiencia hidráulica del sistema, particularmente en la red de distribución y los elementos de control de presión. El diagnóstico identifica un comportamiento hidráulico que, aunque entrega agua, presenta presiones máximas elevadas en nodos, condiciones que afectan la calidad del servicio pudiendo resultar en rupturas de tramos críticos.

- **Control de presiones**

Se propone implementar un esquema de control de presiones mediante cámaras rompe presión (CRP) y/o válvulas reguladoras, según corresponda. Esta medida responde a la accidentada topografía de la zona, la cual genera altos diferenciales de carga; asimismo,

el modelamiento hidráulico evidencia presiones máximas que exceden la normativa vigente y elevan el riesgo de fallas en accesorios y tramos vulnerables.

- **Sectorización para operación y mantenimiento.**

Se propone una sectorización hidráulico-operativa más técnica y eficiente mediante la división de la red en sectores (definidos por cotas o ramales) y la instalación de válvulas de aislamiento. Esta configuración permite un control de presiones por zonas y garantiza que, ante eventuales fallas en las tuberías, el impacto se limite a un área específica sin afectar a todo el sistema.

4.7.3. Alternativa 3: Aseguramiento sanitario y sostenibilidad institucional

La tercera alternativa aborda un componente crítico por el impacto en la salud pública: la seguridad sanitaria del agua y la capacidad institucional para garantizarla. Ante la evidente ausencia de cloración, resulta imperativo fortalecer tanto las rutinas de mantenimiento como las prácticas sanitarias, asegurando así la potabilidad del recurso de manera sostenible

En el plano normativo, el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N.º 031/0031-2010-SA) establece la obligación de cumplir parámetros microbiológicos y de control, y el marco de ECA-Agua (D.S. N.º 004-2017-MINAM) aporta criterios ambientales para clasificar y controlar fuentes. Bajo ese marco, la alternativa propone:

- **Cloración continua y controlada**

Se propone la implementación de sistemas de cloración funcionales en los reservorios de Chames y San Pedro, que incluyan protocolos estrictos de dosificación y control de cloro residual. Esta medida es prioritaria dado que las deficiencias sanitarias y la falta de mantenimiento actual incrementan el riesgo microbiológico; por lo tanto, asegurar la desinfección es una acción directa de prevención para la salud pública (según análisis de laboratorio, el agua no es apta para consumo sin un debido tratamiento (anexo 6 y 7)).

- **Limpieza y desinfección de tanques y cisternas domesticas**

Dada la intermitencia en la prestación del servicio y el uso extendido de almacenamiento domiciliario, se propone establecer un programa de limpieza,

mantenimiento y desinfección de tanques y cisternas. Esta medida es fundamental para preservar la calidad bacteriológica del agua almacenada, reduciendo así el riesgo de contaminación y la incidencia de enfermedades de origen hídrico.

- **Programa de monitoreo y verificación**

Se propone un programa de monitoreo con periodicidad definida que incluya la medición de cloro residual, pH y turbidez en puntos estratégicos (puntos iniciales, medios y finales de la red). Asimismo, se contemplan análisis microbiológicos programados en laboratorios acreditados, con el objetivo de generar el sustento técnico necesario para ajustar las dosificaciones e identificar oportunamente eventos de contaminación.

- **Fortalecer las instituciones JASS.**

Se propone el fortalecimiento de las juntas JASS a través de: (a) capacitación técnica de operadores y directivos (en cloración, mantenimiento), (b) establecimiento de rutinas de mantenimiento preventivo con cronograma (limpieza de cisternas y reservorios, inspección de válvulas, revisión de tableros, control de fugas visibles), y (c) creación de un fondo de sostenibilidad (cuota o mecanismo comunitario) destinado específicamente a repuestos, insumos de desinfección y mantenimientos. Ya que, la operación depende de recursos y vigilancia, y que la sostenibilidad se compromete cuando no hay mantenimiento sistemático ni financiamiento suficiente; por ello, esta alternativa formaliza esos aspectos y los convierte en un sistema de gestión.

4.8 Discusión

La caracterización de los componentes del sistema evidencia una configuración típica de abastecimiento por bombeo rural, integrada por captación (manantial “Los Tres Riitos”), conducción inicial por gravedad hacia la Estación 01, tres estaciones de bombeo, línea de impulsión, cámara de carga, conducción por gravedad hacia dos reservorios (Chames y San Pedro), redes de distribución y accesorios de control (válvulas de aire, purga y cámaras rompe presión). Esto coincide con la conceptualización de sistemas rurales donde la infraestructura se organiza en una secuencia de captar–conducir–elevar–almacenar–distribuir, adaptada a la topografía y a la disponibilidad energética, como también se observa en experiencias nacionales que describen sistemas con captación, líneas, reservorios y dispositivos de control para garantizar el servicio (Ramos, 2021; Jacinto, 2023).

No obstante, la particularidad del caso de Chames y San Pedro es que el sistema combina etapas de impulsión y distribución por gravedad, lo cual aumenta la dependencia de la continuidad eléctrica, situación coherente con lo señalado en estudios de gestión rural: la infraestructura por sí sola no resuelve el problema si el modelo de operación no se consolida mediante prácticas institucionales sostenidas (Nganyanyuka, 2022). En síntesis, el sistema está técnicamente bien estructurado en términos de componentes, pero su desempeño final depende del “eslabón” de operación y control, tal como advierten los antecedentes sobre gobernanza y gestión de agua rural.

Los resultados de caudal y dotación muestran valores coherentes con sistemas rurales evaluados en Cajamarca y otras regiones, aunque con particularidades por tratarse de un sistema por bombeo y operación intermitente. La investigación reporta una dotación promedio de 53.14 L/hab/día para San Pedro y 61.09 L/hab/día para Chames, así como caudales medios y coeficientes de variación (K1 alrededor de 1.01–1.02 y K2 alrededor de 1.85 en San Pedro, con variabilidad en Chames), lo que concuerda con Cieza (2021) quien reporta una dotación de 52.4 L/hab/día en un sistema rural de Cajamarca, valor muy cercano sugiriendo consistencia metodológica y razonabilidad del cálculo de demanda para contextos serranos con hábitos de consumo restringidos o con servicio no continuo.

Desde una perspectiva sanitaria, los antecedentes internacionales sostienen que la cantidad de agua disponible en el hogar tiene relación directa con el nivel de servicio y efectos en salud; por tanto, cuando la dotación y continuidad no son estables, aumenta la vulnerabilidad sanitaria (Howard, 2020). En consecuencia, el cálculo de la demanda en una investigación no solo debe interpretarse como una magnitud hidráulica, sino como una variable de bienestar y salud pública, especialmente cuando el servicio ocurre por días y obliga al almacenamiento intradomiciliario.

La evaluación estructural describe una infraestructura relativamente reciente (estaciones culminadas en 2022, reservorios típicos con caseta de cloración, cámaras y accesorios), pero con observaciones funcionales relevantes: ausencia de elementos de acceso/seguridad en algunos componentes (por ejemplo, escaleras fijas internas en reservorios), deterioro parcial de pintura, exposición parcial de tuberías y condiciones que pueden acelerar el desgaste si no se implementa mantenimiento preventivo.

En términos comparativos, Ramos (2021) y Quispe (2019) documentan que la infraestructura puede presentar fallas por antigüedad y deficiencias de protección (captaciones sin cerco, tuberías expuestas, reservorios sin cloración), y que las medidas de rehabilitación estructural y protección física son críticas para preservar la vida útil y reducir riesgos de contaminación. Aunque el sistema evaluado no evidencia el mismo nivel de antigüedad extrema, comparte la lógica de riesgo: si el componente estructural no se acompaña de mantenimiento y control sanitario, su condición tiende a deteriorarse y a reducir la confiabilidad del servicio (Cieza, 2021).

El hallazgo más crítico de la evaluación hidráulica es la coexistencia de presiones máximas elevadas, condición que afecta la eficiencia hidráulica y el nivel de servicio. Se reportan presiones máximas superiores a rangos recomendables en nodos. Coincidente con lo discutido por Chávez (2023), quien identifica funcionamiento hidráulico desfavorable afectando la eficiencia general del sistema. Asimismo, estudios que están aplicados a la evaluación y mejora proponen cámaras rompe presión y reconfiguración de tramos críticos como respuesta a presiones excesivas y riesgos de golpe de ariete, lo cual se alinea con las recomendaciones típicas de mejora en sistemas rurales con topografía accidentada (Canchari, 2020; Quispe, 2019).

La investigación evidencio que la operación del sistema muestra debilidades típicas de sostenibilidad rural: mantenimiento preventivo insuficiente, limitaciones en control sanitario continuo, y dependencia de recursos económicos comunitarios para reparaciones, esto coincide con Nganyanyuka (2022), quien identifica que los modelos de gobernanza rural presentan tensiones entre procesos formales e informales y que la tecnología, por sí sola, no resuelve los desafíos del servicio cuando la gestión institucional es débil o fragmentada.

A nivel nacional se muestra que hay deficiencias en operación y mantenimiento lo que se traducen en deterioro de infraestructura y en reducción del nivel de servicio: por ejemplo, Cieza (2021) encuentra que aun cuando la administración puede ser funcional para resolver fallas mecánicas, el descuido de cloración y vigilancia de calidad conduce a presencia de coliformes, afectando la seguridad sanitaria del agua.

Desde un enfoque de salud pública, Howard (2020) sostiene que la disponibilidad y continuidad del agua en el hogar se asocia a mejores resultados sanitarios; por tanto, un

sistema que restringe el acceso continuo se expone a riesgos sanitarios y a pérdida de bienestar. Se concluye que el desafío no es únicamente tecnológico, sino institucional y operativo: fortalecer capacidades de la JASS, programar mantenimiento preventivo y asegurar desinfección continua.

Los antecedentes revisados convergen en que las soluciones efectivas en sistemas rurales deben atender simultáneamente: (i) la corrección hidráulica de presiones/velocidades, (ii) la garantía sanitaria mediante cloración y monitoreo, y (iii) la sostenibilidad mediante fortalecimiento de gestión y mantenimiento. Ramos (2021), Canchari (2020) y Quispe (2019) plantean propuestas de mejora que combinan rehabilitación de componentes, instalación de elementos de control (cámaras rompe presión, válvulas de aire/purga) y mejora sanitaria. Cieza (2021) evidencia que sin cloración adecuada la calidad microbiológica se compromete, aun si las presiones están dentro de rangos aceptables.

En concordancia con ello, el caso de Chames y San Pedro requiere que las alternativas prioricen (a) confiabilidad operativa del bombeo, (b) control de presiones máximas y (c) implementación de un programa sanitario y de mantenimiento con trazabilidad institucional. Esto también responde a lo señalado por Nganyanyuka (2022): la sostenibilidad en áreas rurales exige alinear tecnología con gobernanza, capacidades y procesos formales de operación. Finalmente, el argumento sanitario se refuerza con Howard (2020), dado que mejorar continuidad y seguridad del agua contribuye a la salud y reduce vulnerabilidades asociadas a acceso intermitente.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.Conclusiones.

- Se realizó la caracterización integral de las comunidades de Chames y San Pedro, logrando diagnosticar su situación actual mediante el análisis de variables físico-espaciales, socioeconómicas y de infraestructura. Este levantamiento permitió identificar las dinámicas de organización local y las brechas existentes en servicios básicos, salud y educación, estableciendo así una base técnica para futuras intervenciones.
- Se realizó la descripción técnica de los componentes del sistema de agua, operativo desde el año 2022, a través de la inspección visual determinándose que la infraestructura mantiene su integridad funcional y un buen estado de conservación; sin embargo, resulta crítico señalar la ausencia de protocolos de mantenimiento preventivo hasta la fecha.
- Se estimaron los caudales de funcionamiento del sistema, El manantial “Los Tres Riitos” presenta una oferta de 652.4 lt/s en época de estiaje, superando ampliamente los requerimientos de captación. En cuanto a la operatividad, se registraron caudales de ingreso de 5.24 lt/s en la estación N01 y caudales de bombeo de 1.93 lt/s (a la estación N02), 1.98 lt/s (a la estación N03) y 4 lt/s (a la cámara de carga). Finalmente, se determinó que la dotación actual es de 53.1 l/hab/día para San Pedro y 63.1 l/hab/día para Chames, con caudales medios de 0.264 l/s y 0.168 l/s respectivamente.
- Se evaluó estructuralmente 3 componentes del sistema de agua (reservorio de Chames, reservorio de San Pedro y la tercera estación de bombeo) usando el método no destructivo conocido como esclerometría, teniendo como resultado en los reservorios de Chames y San Pedro de 216 kg/cm² y 211 kg/cm² respectivamente para una especificación técnica de la resistencia en muros de 210 kg/cm²; y de la tercera estación de bombeo un resultado de 292 kg/cm² para una especificación técnica de 280 kg/cm² de la resistencia en muros, con lo que se concluye que las estructuras se encuentran en buen estado.

- La evaluación hidráulica determinó que las líneas de impulsión y conducción operan dentro de los rangos admisibles de velocidad y presión. Asimismo, la capacidad de almacenamiento de los reservorios es suficiente para cubrir la demanda actual bajo el régimen de operación evaluado. Sin embargo, el modelamiento evidenció presiones que exceden los límites máximos normativos y velocidades que, aunque reglamentarias, resultan reducidas. Se concluye que el sistema es funcional y garantiza el abastecimiento total.

- La evaluación de la gestión operativa reveló una situación de vulnerabilidad crítica en el sistema, por la ausencia de mantenimiento técnico desde el inicio de operaciones, sumada a la falta de capacitación de las JASS y al nulo acompañamiento de la unidad municipal correspondiente, lo que compromete la vida útil de la infraestructura y además de poner en riesgo directo a la salud pública. Actualmente, la operatividad se limita a limpiezas superficiales mediante faenas comunitarias.

5.2. Recomendaciones.

- Se recomienda que las JASS de Chames y San Pedro gestionen la implementación de un Plan de Operación y Mantenimiento preventivo y correctivo para el sistema de bombeo; el que debe contemplar protocolos periódicos de limpieza y desinfección de reservorios y cisternas, así como un programa de mantenimiento electromecánico que incluya la revisión técnica de bombas y tableros eléctricos con el objetivo de mitigar el riesgo de fallas imprevistas, optimizar el consumo energético y garantizar la continuidad, durabilidad y salubridad del servicio; Además de implementar un programa de capacitación continua para los operadores locales con asistencia técnica del ATM de la municipalidad.
- Se recomienda implementar un sistema de control sanitario mediante cloración continua en reservorios y establecer una rutina de monitoreo de parámetros básicos (cloro residual, pH, turbidez), complementado con análisis microbiológicos periódicos. Además de implementar de un plan de mantenimiento y limpieza de tanques de almacenamiento de agua en los hogares.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Canchari, D. E. (2022). *Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable de la comunidad Nativa San Pascual, distrito y provincia de Satipo, región Junín, para la mejora de la condición sanitaria de la población—2020*. [Tesis de licenciatura, Universidad Católica los Ángeles de Chimbote].
<https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/26410>
- Cieza Silva, J. M. (2021). *Evaluación de los sistemas de agua potable de las localidades que conforman el centro poblado Chilimpampa Baja - Cajamarca 2018* [Tesis de licenciatura, Universidad de Cajamarca]. Repositorio Institucional de la Universidad de Cajamarca. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4137>
- Granda Escudero, F. (2020). *Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable del centro poblado Muña Alta, distrito de Yaután, provincia de Casma, región Áncash y su incidencia en su condición sanitaria – 2019* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote].
<https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/16543>
- Bautista Cigüeñas, M. J., & Díaz Montenegro, L. D. (2024). *Evaluación hidráulica de la planta de tratamiento y redes de distribución de agua potable de la ciudad de Chota, 2023*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Chota].
<http://hdl.handle.net/20.500.14142/547>
- Jacinto, G., & Vladimír, J. (2023). *Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable, para su incidencia en la condición sanitaria de la población del sector Cashaucro, localidad de Chaná, distrito de San Pedro de Chaná, provincia Huari, departamento Áncash – 2023*. [Tesis de licenciatura, Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote]...Repositorio..institucional.
<https://hdl.handle.net/20.500.13032/34503>
- Quispe, E. (2019). *Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable del caserío de Asay, distrito Huacrachuco, provincia Marañón, región Huánuco y su incidencia en la condición sanitaria de la población – 2019* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica los Ángeles de Chimbote].
<https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/15206>

- Quispe, J. J. (2019). *Diseño del sistema de agua potable para el saneamiento básico del caserío ojo de agua distrito de Conchán, Chota, Cajamarca-2018*. [Tesis de licenciatura, Universidad César Vallejo]. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/45846>
- Ramos, A. C. (2021). *Evaluación y mejoramiento del sistema de abastecimiento de agua potable, para su incidencia en la condición sanitaria de la población del caserío Huanca, distrito de Cáceres del Perú, provincia de Santa, región Áncash– 2021*. [Tesis de licenciatura, Universidad Católica los Ángeles de Chimbote]. <https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/22983>
- Roque, M. (2021). Simulación hidráulica de la red de distribución del sistema de riego Santo Domingo. [Trabajo de Suficiencia Profesional, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5277>
- Tacilla, M. (2022). Evaluación del Sistema de Agua Potable en el Centro Poblado Casa Blanca, Distrito de San Gregorio-San Miguel, 2021. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5048>
- Tasca, E., Karney, B., Fuertes-Miquel, V. S., Dalfré Filho, J. G., & Luvizotto, E., Jr. (2022). The Crucial Importance of Air Valve Characterization to the Transient Response of Pipeline Systems. *Water*, 14(17), 2590. <https://doi.org/10.3390/w14172590>
- Universidad Nacional Autónoma de México. (s. f.). Capítulo 7. Caídas de presión en tuberías comerciales [PDF]. Facultad de Química, UNAM. https://amyd.quimica.unam.mx/pluginfile.php/2650/mod_resource/content/1/Cap%C3%ADtulo%207.-%20Ca%C3%ADdas%20de%20presi%C3%B3n%20en%20tuber%C3%ADas%20comerciales.pdf
- Vásquez Vásquez, M. Y. (2023). Valoración económica del servicio ambiental hídrico del Manantial Ojo del Agua en el distrito de Conchán, Chota-2023. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <http://hdl.handle.net/20.500.14142/462>

Agüero Pittman R. (2021) Agua potable para poblaciones rurales. sistemas de abastecimiento por gravedad sin tratamiento.
<https://www.ircwash.org/sites/default/files/221-16989.pdf>.

Aguirre, F. (2015). Abastecimiento de Agua para comunidades rurales. Universidad Técnica de Machala.
https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/AGUIRRE%202015.%20Abastecimiento%20de%20agua%20para%20comunidades%20rurales.pdf

Autoridad Nacional del Agua. (2016). Protocolo de monitoreo de calidad de agua (R. J. N.º 010-2016-ANA). Lima, Perú.

Dirección General de Salud Ambiental. (2015). Manual de parámetros fisicoquímicos para la evaluación de la calidad del agua. Lima, Perú.

Dirección General de Salud Ambiental. (2016). Análisis de la dureza del agua en el Perú. Lima, Perú.

Fesmex. (2020, enero 22). Pérdidas por fricción en tuberías. Fesmex.
<https://www.fesmex.com.mx/article/perdidas-por-friccion-en-tuberias/>

FluidFlow (19 de abril de 2023). Comprensión de los conceptos básicos de la curva de bomba. <https://blog.fluidflowinfo.com/understanding-pump-curve-basics/>

Gerencia Regional de Salud Arequipa. (2014). Norma técnica I.S. 010: Instalaciones sanitarias para edificaciones (I.S. 010). Gobierno Regional de Arequipa.
https://www.saludarequipa.gob.pe/desa/archivos/Normas_Legales/saneamiento/IS.010.pdf

Guevara Alban, G. P., Verdesoto Arguello, A. E., & Castro Molina, N. E. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 4(3), 163-173.
[https://doi.org/10.26820/recimundo/4\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4(3).julio.2020.163-173)

Howard, G., Bartram, J., Williams, A., Overbo, A., Fuente, D., & Geere, J. A. (2020). Domestic water quantity, service level and health, second edition. World Health Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/330299>

- Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico del Perú. (2018). Acuíferos del Perú: Características y vulnerabilidad. Lima, Perú.
- LR Norte. (22 de julio de 2023). Cajamarca: Cambio climático está generando que Cajamarca registre escasez de agua Sequía. <https://larepublica.pe/sociedad/2023/07/22/cajamarca-cambio-climatico-esta-generando-que-cajamarca-registre-escasez-de-agua-sequia-sunass-lrsd-817872>
- Marks, S. J., Kumpel, E., Guo, J., Bartram, J., & Davis, J. (2021). Pathways to sustainability: A fuzzy-set qualitative comparative analysis of rural water supply programs. *Journal of Cleaner Production*, 314, 128028. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128028>
- Ministerio de Salud. (2015). Reglamento de Calidad de Agua para Consumo Humano. Lima, Perú.
- Ministerio del Ambiente. (2016). Guía para la determinación de parámetros de calidad ambiental. Lima, Perú.
- Ministerio del Ambiente. (2017). Normativa sobre Límites Máximos Permisibles en el Perú. Lima, Perú.
- Ministerio del Ambiente. (2017). Problemática de metales pesados en aguas superficiales peruanas. Lima, Perú.
- Miñan, M. (2024, junio 9).. Definición de Población en Investigación Según autores, Ejemplos y Concepto. EjemplosWeb. <https://ejemplosweb.de/definicion-de-poblacion-en-investigacion-segun-autores-ejemplos-concepto/>
- Mucha-Hospinal, L. F., Chamorro-Mejía, R., Oseda-Lazo, M. E., & Alania-Contreras, R. D. (2021). Evaluación de procedimientos empleados para determinar la población y muestra en trabajos de investigación de posgrado. *Desafíos*, 12(1). <https://doi.org/10.37711/desafios.2021.12.1.253>
- Narzetti, W., Pinto, F. S., Narzetti, D., & Cetrulo, T. (2023). Reaching Universal Coverage of Water and Sanitation Services: Is Regionalization a Sustainable Path for Developing Countries? *Water*, 15(15), 2756. <https://doi.org/10.3390/w15152756>

- Nganyanyuka, K., Martinez, J., Wesselink, A., Lungo, J. H., & Georgiadou, Y. (2022). Accessing water services in rural communities: An evaluation of different water governance models. *International Journal of Water Resources Development*, 38(3), 387-412.
- Organización Mundial de la Salud. (2017). Indicadores microbiológicos de calidad del agua. Ginebra, Suiza.
- Organización Mundial de la Salud. (2018). Guías para la calidad del agua de consumo humano. Ginebra, Suiza.
- Paredes, M., Lavacude, E., & Rodríguez, O. (2022). Guías teórico-prácticas de laboratorios de mecánica de fluidos e hidráulica. Editorial UPTC.
- Plastics Pipe Institute (PPI). (2023). Handbook of polyethylene pipe. Plastics Pipe Institute. https://www.plasticpipe.org/Drainage/Shared_Content/Shop/PE-Handbook.aspx

ANEXOS

Anexo 1. Reporte de velocidades de tuberías San Pedro

REPORT DE TUBERÍAS SAN PEDRO					
PUNTO INICIAL	PUNTO FINAL	LONGITUD (m)	DIAMETRO INTERNO (mm)	CAUDAL (L/s)	VELOCIDAD (m/s)
P-1	P-2	4.57	17.40	0.005	0.622
P-3	P-4	5.36	17.40	0.005	0.622
P-5	P-6	6.02	17.40	0.005	0.622
P-7	P-8	6.63	17.40	0.005	0.622
P-9	P-10	7.37	17.40	0.005	0.622
P-11	P-12	9.26	17.40	0.005	0.622
P-13	P-14	9.39	17.40	0.005	0.622
P-15	P-16	9.75	17.40	0.005	0.622
P-17	P-18	9.81	17.40	0.005	0.622
P-19	P-20	10.40	17.40	0.005	0.622
P-21	P-22	13.75	17.40	0.005	0.622
P-23	P-24	11.01	17.40	0.005	0.622
P-25	P-26	13.74	17.40	0.005	0.622
P-27	P-28	13.96	17.40	0.005	0.622
P-29	P-30	14.12	17.40	0.005	0.622
P-31	P-32	17.71	17.40	0.005	0.622
P-33	P-34	15.94	17.40	0.005	0.622
P-35	P-36	16.94	17.40	0.005	0.622
P-37	P-38	17.72	17.40	0.005	0.622
P-39	P-40	20.49	17.40	0.005	0.622
P-41	P-42	21.70	17.40	0.005	0.622
P-43	P-44	19.97	17.40	0.005	0.622
P-45	P-46	20.34	17.40	0.005	0.622
P-47	P-48	20.40	17.40	0.005	0.622
P-49	P-50	20.64	17.40	0.005	0.622
P-51	P-52	21.44	17.40	0.005	0.622
P-55	P-56	21.52	17.40	0.005	0.622
P-57	P-58	21.75	17.40	0.005	0.622
P-59	P-60	30.85	17.40	0.005	0.622
P-61	P-62	22.05	17.40	0.005	0.622
P-63	P-64	22.33	17.40	0.005	0.622
P-65	P-66	23.82	17.40	0.005	0.622
P-67	P-68	23.83	17.40	0.005	0.622
P-69	P-70	25.40	17.40	0.005	0.622
P-71	P-72	26.61	17.40	0.005	0.622
P-73	P-74	24.92	17.40	0.005	0.622
P-75	P-76	26.89	17.40	0.005	0.622
P-77	P-78	27.19	17.40	0.005	0.622
P-79	P-80	34.92	17.40	0.005	0.622
P-81	P-82	29.44	17.40	0.005	0.622
P-83	P-84	27.54	17.40	0.005	0.622
P-85	P-86	28.19	17.40	0.005	0.622
P-87	P-88	29.95	17.40	0.005	0.622
P-89	P-90	39.76	17.40	0.005	0.622
P-91	P-92	29.74	17.40	0.005	0.622

P-93	P-94	30.03	17.40	0.005	0.622
P-95	P-96	36.58	17.40	0.005	0.622
P-97	P-98	30.78	17.40	0.005	0.622
P-99	P-100	32.46	17.40	0.005	0.622
P-101	P-102	32.77	17.40	0.005	0.622
P-103	P-104	34.38	17.40	0.005	0.622
P-105	P-106	34.92	17.40	0.001	0.601
P-107	P-108	35.51	17.40	0.005	0.622
P-109	P-110	36.06	17.40	0.005	0.622
P-111	P-112	38.45	17.40	0.005	0.622
P-113	P-114	39.81	17.40	0.005	0.622
P-115	P-116	40.81	17.40	0.005	0.622
P-117	P-118	42.79	17.40	0.005	0.622
P-119	P-120	42.93	17.40	0.005	0.622
P-121	P-122	44.73	17.40	0.005	0.622
P-123	P-124	45.60	17.40	0.005	0.622
P-125	P-126	50.00	17.40	0.005	0.622
P-127	P-128	49.01	17.40	0.005	0.622
P-129	P-130	50.32	17.40	0.005	0.622
P-131	P-132	55.54	17.40	0.005	0.622
P-133	P-134	51.82	17.40	0.005	0.622
P-135	P-136	53.17	17.40	0.005	0.622
P-137	P-138	57.94	17.40	0.005	0.622
P-139	P-140	58.98	17.40	0.005	0.622
P-141	P-142	64.78	17.40	0.005	0.622
P-143	P-144	66.75	17.40	0.005	0.622
P-145	P-146	66.45	17.40	0.005	0.622
P-147	P-148	67.87	17.40	0.005	0.622
P-149	P-150	67.98	17.40	0.005	0.622
P-151	P-152	68.77	17.40	0.005	0.622
P-153	P-154	76.33	17.40	0.005	0.622
P-155	P-156	71.31	17.40	0.005	0.622
P-157	P-158	73.89	17.40	0.005	0.622
P-159	P-160	88.73	17.40	0.005	0.622
P-161	P-162	92.70	17.40	0.005	0.622
P-163	P-164	94.43	17.40	0.005	0.622
P-165	P-166	99.03	17.40	0.005	0.622
P-167	P-168	101.42	17.40	0.005	0.622
P-169	P-170	98.41	17.40	0.005	0.622
P-171	P-172	103.36	17.40	0.005	0.622
P-173	P-174	100.87	17.40	0.005	0.622
P-175	P-176	101.24	17.40	0.005	0.622
P-177	P-178	111.33	17.40	0.005	0.622
P-179	P-180	115.84	17.40	0.005	0.622
P-181	P-182	112.23	17.40	0.005	0.622
P-183	P-184	129.82	17.40	0.005	0.622
P-185	P-186	137.01	17.40	0.005	0.622
P-187	P-188	142.40	17.40	0.005	0.622
P-189	P-190	144.77	17.40	0.005	0.622
P-191	P-192	198.68	17.40	0.005	0.622
P-193	P-194	202.71	17.40	0.005	0.622
P-195	P-159	360.88	17.40	0.005	0.622
P-155	P-93	0.57	22.90	0.026	0.664

P-182	P-196	1.42	22.90	0.001	0.601
P-197	P-95	1.60	22.90	0.001	0.601
P-198	P-115	2.25	22.90	0.001	0.601
P-125	P-199	2.78	22.90	0.001	0.601
P-179	P-200	2.81	22.90	0.001	0.601
P-39	P-201	3.32	22.90	0.001	0.601
P-175	P-59	3.75	22.90	0.011	0.627
P-202	P-157	3.79	22.90	0.001	0.601
P-203	P-168	4.19	22.90	0.001	0.601
P-190	P-204	4.37	22.90	0.001	0.601
P-205	P-171	5.05	22.90	0.001	0.601
P-157	P-128	5.76	22.90	0.005	0.613
P-35	P-29	5.82	22.90	0.005	0.613
P-115	P-20	5.97	22.90	0.006	0.614
P-85	P-83	9.14	22.90	0.037	0.689
PRV-16	P-131	13.18	22.90	0.026	0.664
P-139	P-175	13.41	22.90	0.016	0.640
P-77	PRV-10	15.00	22.90	0.011	0.627
P-45	P-174	15.29	22.90	0.010	0.625
P-59	PRV-24	15.97	22.90	0.006	0.615
PRV-29	P-65	16.83	22.90	0.011	0.626
PRV-18	P-155	17.07	22.90	0.021	0.652
P-137	P-187	18.84	22.90	0.021	0.651
P-95	P-165	22.14	22.90	0.006	0.614
P-153	PRV-31	22.51	22.90	0.031	0.676
P-15	P-190	22.57	22.90	0.006	0.614
P-65	P-69	25.35	22.90	0.016	0.638
P-107	P-125	25.86	22.90	0.005	0.613
P-101	P-41	26.02	22.90	0.005	0.613
P-79	P-67	27.11	22.90	0.026	0.663
P-152	P-31	26.61	22.90	0.005	0.613
PRV-17	P-143	26.67	22.90	0.010	0.625
P-187	PRV-16	29.42	22.90	0.026	0.663
P-83	P-3	31.57	22.90	0.042	0.701
PRV-31	P-113	32.26	22.90	0.031	0.676
PRV-33	P-177	33.69	22.90	0.016	0.638
P-109	PRV-23	34.50	22.90	0.021	0.651
P-49	P-183	39.60	22.90	0.016	0.638
P-7	P-35	45.71	22.90	0.010	0.625
P-52	P-215	39.33	22.90	0.031	0.676
P-171	P-185	40.92	22.90	0.005	0.613
P-123	PRV-18	44.44	22.90	0.021	0.651
P-87	P-77	44.50	22.90	0.016	0.640
P-165	PRV-17	44.96	22.90	0.011	0.626
PRV-10	P-107	45.38	22.90	0.010	0.625
PRV-21	P-45	48.25	22.90	0.005	0.613
P-130	P-52	49.55	22.90	0.026	0.664
P-3	PRV-28	51.33	22.90	0.047	0.714
P-69	P-79	51.75	22.90	0.021	0.651
PRV-24	P-179	53.29	22.90	0.005	0.613
P-67	P-85	54.98	22.90	0.031	0.676
PRV-34	P-15	56.47	22.90	0.011	0.626
P-219	P-33	63.22	22.90	0.021	0.651

P-219	P-101	66.91	22.90	0.010	0.625
P-174	PRV-20	69.83	22.90	0.016	0.638
P-93	P-221	84.13	22.90	0.032	0.677
P-31	P-222	83.16	22.90	0.010	0.625
P-183	P-130	85.38	22.90	0.021	0.651
P-185	PRV-7	86.36	22.90	0.010	0.625
PRV-9	P-87	87.96	22.90	0.022	0.652
P-128	P-49	88.98	22.90	0.011	0.626
P-113	P-103	90.67	22.90	0.026	0.663
PRV-28	P-225	98.57	22.90	0.047	0.714
P-103	P-5	104.44	22.90	0.021	0.651
P-168	PRV-21	109.26	22.90	0.006	0.614
P-33	P-226	115.83	22.90	0.026	0.663
P-177	PRV-34	117.10	22.90	0.010	0.625
P-227	P-7	134.61	22.90	0.016	0.638
P-143	P-137	135.02	22.90	0.016	0.638
P-57	P-153	139.90	22.90	0.036	0.688
P-131	P-221	141.87	22.90	0.032	0.677
P-159	P-219	146.00	22.90	0.010	0.625
P-228	PRV-8	151.34	22.90	0.021	0.651
PRV-19	P-123	163.92	22.90	0.016	0.638
P-20	PRV-29	165.51	22.90	0.011	0.626
PRV-8	PRV-9	205.05	22.90	0.021	0.651
P-231	P-57	215.46	22.90	0.042	0.701
P-1	P-39	209.56	22.90	0.006	0.614
P-5	PRV-32	216.02	22.90	0.016	0.638
PRV-20	PRV-19	219.40	22.90	0.016	0.639
P-233	P-109	221.31	22.90	0.026	0.663
PRV-23	P-139	230.56	22.90	0.022	0.652
PRV-32	PRV-33	231.82	22.90	0.016	0.638
P-234	P-182	235.38	22.90	0.005	0.613
P-231	P-1	265.84	22.90	0.011	0.627
PRV-22	P-233	2.00	29.40	0.026	0.638
PRV-30	P-231	2.00	29.40	0.053	0.678
P-191	P-71	2.41	29.40	0.032	0.647
P-193	P-191	13.52	29.40	0.037	0.654
P-119	PRV-22	14.08	29.40	0.026	0.638
P-81	PRV-6	15.42	29.40	0.042	0.662
P-53	PRV-30	16.58	29.40	0.053	0.678
P-227	PRV-7	17.06	29.40	0.011	0.616
P-161	PRV-4	17.46	29.40	0.057	0.684
P-239	P-43	19.84	29.40	0.036	0.654
P-221	P-37	24.29	29.40	0.063	0.693
P-89	P-163	26.23	29.40	0.053	0.677
P-234	PRV-15	30.45	29.40	0.074	0.709
PRV-5	P-89	34.93	29.40	0.058	0.685
P-75	PRV-14	35.94	29.40	0.079	0.716
P-71	P-227	40.53	29.40	0.026	0.639
PRV-6	P-193	41.75	29.40	0.042	0.662
PRV-14	P-25	60.63	29.40	0.079	0.716
P-23	P-53	99.63	29.40	0.053	0.678
PRV-4	PRV-5	106.57	29.40	0.057	0.685
PRV-15	P-75	106.50	29.40	0.073	0.708

P-43	P-119	111.85	29.40	0.031	0.646
P-163	P-81	165.67	29.40	0.047	0.670
P-226	P-23	151.92	29.40	0.058	0.685
P-37	P-234	176.22	29.40	0.069	0.701
P-25	P-239	203.51	29.40	0.084	0.724
P-228	P-161	513.03	29.40	0.063	0.692
PRV-27	P-215	2.00	43.40	0.235	0.759
P-117	P-122	4.28	43.40	0.245	0.765
P-105	P-21	8.96	43.40	0.199	0.734
P-145	P-9	12.58	43.40	0.167	0.713
P-61	P-226	13.10	43.40	0.084	0.657
P-21	P-97	13.62	43.40	0.193	0.731
P-17	P-111	16.24	43.40	0.178	0.720
PRV-12	P-169	18.80	43.40	0.136	0.692
PRV-26	P-147	19.74	43.40	0.255	0.772
P-73	PRV-12	21.74	43.40	0.136	0.692
P-135	P-105	22.45	43.40	0.199	0.734
P-27	PRV-13	23.52	43.40	0.121	0.681
P-133	PRV-27	26.48	43.40	0.234	0.758
P-9	P-225	28.21	43.40	0.162	0.710
PRV-3	P-228	27.67	43.40	0.083	0.656
P-222	P-11	28.75	43.40	0.105	0.671
P-99	P-149	29.31	43.40	0.147	0.699
PRV-13	P-239	33.03	43.40	0.121	0.682
P-169	P-91	33.97	43.40	0.131	0.689
P-55	P-47	35.56	43.40	0.094	0.664
P-97	P-13	47.80	43.40	0.188	0.727
P-11	P-55	49.18	43.40	0.100	0.667
P-215	P-135	51.11	43.40	0.204	0.738
P-111	P-145	51.28	43.40	0.173	0.717
PRV-25	P-141	54.10	43.40	0.267	0.780
PRV-11	P-250	57.53	43.40	0.419	0.883
P-63	PRV-26	60.65	43.40	0.256	0.773
P-250	P-99	73.71	43.40	0.152	0.703
P-91	P-27	70.11	43.40	0.126	0.685
P-122	P-133	73.27	43.40	0.239	0.762
P-149	P-73	79.56	43.40	0.141	0.696
P-13	P-17	110.89	43.40	0.183	0.724
P-47	P-61	107.45	43.40	0.089	0.660
P-141	P-63	107.19	43.40	0.262	0.777
P-250	PRV-25	123.08	43.40	0.267	0.780
P-147	P-117	210.19	43.40	0.250	0.769
PRV-2	PRV-3	391.69	43.40	0.084	0.657
P-225	P-222	513.72	43.40	0.115	0.678
PRV-1	P-253	2.00	54.20	0.500	0.817
RES-1	PRV-1	124.30	54.20	0.500	0.818
P-253	PRV-11	149.43	54.20	0.418	0.781
P-253	PRV-2	165.49	54.20	0.084	0.636

Anexo 2. Reporte de velocidades de tuberías Chames

REPORTE DE TUBERÍAS CHAMES					
NODO INICIAL	NODO FINAL	LONGITUD (m)	DIAMETRO INTERNO (mm)	CAUDAL (L/s)	VELOCIDAD (m/s)
P-1	P-2	2.13	17.40	0.003	0.611
P-3	P-4	7.02	17.40	0.003	0.611
P-5	P-6	7.81	17.40	0.003	0.611
P-7	P-8	9.04	17.40	0.003	0.611
P-9	P-10	9.66	17.40	0.003	0.611
P-11	P-12	10.32	17.40	0.003	0.611
P-13	P-14	11.00	17.40	0.003	0.611
P-15	P-16	13.74	17.40	0.003	0.611
P-17	P-18	11.78	17.40	0.003	0.611
P-19	P-20	12.30	17.40	0.003	0.611
P-21	P-22	13.16	17.40	0.003	0.611
P-23	P-24	13.99	17.40	0.003	0.611
P-25	P-26	14.84	17.40	0.003	0.611
P-27	P-28	21.10	17.40	0.003	0.611
P-29	P-30	18.10	17.40	0.003	0.611
P-31	P-32	18.59	17.40	0.003	0.611
P-33	P-34	19.66	17.40	0.003	0.611
P-35	P-36	19.95	17.40	0.003	0.611
P-37	P-38	20.10	17.40	0.003	0.611
P-39	P-40	26.96	17.40	0.003	0.611
P-41	P-42	21.80	17.40	0.003	0.611
P-43	P-44	24.39	17.40	0.003	0.611
P-45	P-46	25.50	17.40	0.003	0.611
P-47	P-48	25.27	17.40	0.003	0.611
P-49	P-50	24.14	17.40	0.003	0.611
P-51	P-52	24.30	17.40	0.003	0.611
P-53	P-54	28.45	17.40	0.003	0.611
P-55	P-56	33.76	17.40	0.003	0.611
P-57	P-58	27.03	17.40	0.003	0.611
P-59	P-60	28.59	17.40	0.003	0.611
P-61	P-62	32.32	17.40	0.003	0.611
P-63	P-64	28.19	17.40	0.003	0.611
P-65	P-66	33.44	17.40	0.003	0.611
P-67	P-68	31.99	17.40	0.003	0.611
P-69	P-70	29.30	17.40	0.003	0.611
P-71	P-72	29.65	17.40	0.003	0.611
P-73	P-74	30.35	17.40	0.003	0.611
P-75	P-76	31.92	17.40	0.003	0.611
P-77	P-78	34.89	17.40	0.003	0.611
P-79	P-80	32.12	17.40	0.003	0.611
P-81	P-82	33.98	17.40	0.003	0.611
P-83	P-84	35.24	17.40	0.003	0.611
P-85	P-86	36.38	17.40	0.003	0.611
P-87	P-88	41.01	17.40	0.003	0.611
P-89	P-90	34.62	17.40	0.003	0.611
P-91	P-92	37.37	17.40	0.003	0.611
P-93	P-94	36.99	17.40	0.003	0.611

P-95	P-96	38.58	17.40	0.003	0.611
P-97	P-98	41.26	17.40	0.003	0.611
P-48	P-99	44.40	17.40	0.003	0.611
P-100	P-101	43.87	17.40	0.003	0.611
P-102	P-103	45.99	17.40	0.003	0.611
P-104	P-105	46.45	17.40	0.003	0.611
P-106	P-107	55.83	17.40	0.003	0.611
P-108	P-109	55.41	17.40	0.003	0.611
P-110	P-111	57.58	17.40	0.003	0.611
P-112	P-113	59.12	17.40	0.003	0.611
P-114	P-115	61.05	17.40	0.003	0.611
P-116	P-117	61.27	17.40	0.003	0.611
P-118	P-119	62.73	17.40	0.003	0.611
P-120	P-121	67.45	17.40	0.003	0.611
P-122	P-123	68.63	17.40	0.003	0.611
P-124	P-125	68.93	17.40	0.003	0.611
P-126	P-127	77.13	17.40	0.003	0.611
P-128	P-129	73.04	17.40	0.003	0.611
P-130	P-131	74.93	17.40	0.003	0.611
P-132	P-133	78.32	17.40	0.003	0.611
P-134	P-135	84.08	17.40	0.003	0.611
P-136	P-137	82.35	17.40	0.003	0.611
P-138	P-139	80.54	17.40	0.003	0.611
P-140	P-141	83.35	17.40	0.003	0.611
P-142	P-143	82.11	17.40	0.003	0.611
P-144	P-145	90.12	17.40	0.003	0.611
P-146	P-147	94.89	17.40	0.003	0.611
P-148	P-149	94.54	17.40	0.003	0.611
P-150	P-151	93.75	17.40	0.003	0.611
P-152	P-153	96.76	17.40	0.003	0.611
P-154	P-155	97.60	17.40	0.003	0.611
P-156	P-157	108.43	17.40	0.003	0.611
P-158	P-159	107.57	17.40	0.003	0.611
P-160	P-161	110.72	17.40	0.003	0.611
P-162	P-163	123.28	17.40	0.003	0.611
P-164	P-165	127.01	17.40	0.003	0.611
P-166	P-167	128.96	17.40	0.003	0.611
P-168	P-169	136.65	17.40	0.003	0.611
P-170	P-171	139.36	17.40	0.003	0.611
P-172	P-173	149.26	17.40	0.003	0.611
P-174	P-175	163.58	17.40	0.003	0.611
P-176	P-177	180.76	17.40	0.003	0.611
P-178	P-179	435.07	17.40	0.003	0.611
P-180	P-181	0.42	22.90	0.024	0.658
P-57	P-182	1.78	22.90	0.006	0.614
P-87	P-183	2.42	22.90	0.001	0.601
P-184	P-45	2.43	22.90	0.001	0.601
P-151	P-185	2.74	22.90	0.001	0.601
P-162	P-15	2.84	22.90	0.003	0.606
P-158	P-186	3.15	22.90	0.001	0.601
PRV-29	P-188	3.37	22.90	0.016	0.639
P-98	P-189	3.43	22.90	0.001	0.601
P-134	P-190	3.45	22.90	0.001	0.601

P-59	P-191	3.69	22.90	0.001	0.601
P-192	P-162	3.97	22.90	0.001	0.601
P-126	P-193	5.13	22.90	0.001	0.601
P-146	P-194	5.24	22.90	0.001	0.601
P-148	P-195	5.62	22.90	0.001	0.601
P-91	P-196	5.74	22.90	0.001	0.601
P-83	P-197	7.02	22.90	0.001	0.601
P-1	P-179	7.17	22.90	0.003	0.606
P-85	P-198	7.60	22.90	0.001	0.601
P-199	P-65	10.03	22.90	0.001	0.601
PRV-6	P-172	10.16	22.90	0.008	0.619
P-119	PRV-36	11.20	22.90	0.017	0.640
P-27	P-202	12.21	22.90	0.001	0.601
P-104	P-31	13.78	22.90	0.003	0.606
PRV-30	P-79	13.81	22.90	0.008	0.619
P-55	PRV-38	14.99	22.90	0.006	0.614
PRV-36	P-64	17.52	22.90	0.016	0.639
PRV-25	P-21	17.59	22.90	0.005	0.613
P-37	P-112	18.78	22.90	0.003	0.606
PRV-27	P-75	20.57	22.90	0.003	0.608
P-25	P-177	20.78	22.90	0.003	0.606
P-23	P-138	21.71	22.90	0.003	0.606
P-35	P-83	24.58	22.90	0.003	0.606
P-43	P-142	28.38	22.90	0.003	0.606
P-107	P-87	27.61	22.90	0.003	0.607
PRV-12	P-51	28.08	22.90	0.011	0.626
P-208	PRV-14	28.14	22.90	0.005	0.613
P-17	PRV-10	29.22	22.90	0.003	0.606
P-29	PRV-9	29.42	22.90	0.011	0.626
PRV-4	P-57	31.31	22.90	0.008	0.620
P-102	PRV-37	33.75	22.90	0.011	0.626
P-214	P-37	34.28	22.90	0.005	0.613
P-19	PRV-28	34.66	22.90	0.016	0.639
PRV-7	P-158	37.42	22.90	0.003	0.608
P-217	P-39	39.11	22.90	0.006	0.614
P-171	P-29	40.02	22.90	0.008	0.619
P-188	P-120	42.85	22.90	0.011	0.626
P-21	P-85	44.61	22.90	0.003	0.606
P-218	P-95	47.44	22.90	0.003	0.606
P-77	P-219	50.94	22.90	0.014	0.634
P-220	P-19	54.01	22.90	0.019	0.646
P-166	PRV-7	54.19	22.90	0.003	0.606
PRV-14	P-48	54.62	22.90	0.005	0.613
P-5	PRV-13	54.80	22.90	0.005	0.613
PRV-20	P-43	54.80	22.90	0.005	0.613
P-131	P-223	56.94	22.90	0.016	0.639
P-108	P-59	58.47	22.90	0.003	0.606
P-224	P-17	65.82	22.90	0.005	0.613
PRV-37	P-144	63.44	22.90	0.011	0.627
P-156	PRV-6	63.82	22.90	0.009	0.621
P-71	PRV-31	65.45	22.90	0.005	0.613
P-226	PRV-20	65.91	22.90	0.005	0.613
PRV-13	P-25	67.96	22.90	0.005	0.613

PRV-31	P-82	68.12	22.90	0.006	0.614
P-175	P-146	74.42	22.90	0.003	0.607
P-227	P-27	74.86	22.90	0.003	0.606
P-228	P-23	78.26	22.90	0.005	0.613
PRV-35	P-119	86.13	22.90	0.019	0.647
P-228	P-73	83.40	22.90	0.011	0.626
P-15	P-171	84.91	22.90	0.005	0.613
P-65	PRV-27	85.82	22.90	0.003	0.606
P-110	PRV-4	89.86	22.90	0.008	0.619
P-45	P-71	97.27	22.90	0.003	0.606
P-230	P-110	105.11	22.90	0.011	0.626
P-75	P-220	119.13	22.90	0.006	0.615
P-61	P-151	103.78	22.90	0.003	0.608
P-231	P-134	106.98	22.90	0.003	0.606
P-226	P-126	111.64	22.90	0.003	0.608
P-232	P-98	113.45	22.90	0.003	0.607
P-217	P-175	112.68	22.90	0.005	0.613
P-231	P-35	117.40	22.90	0.005	0.613
P-182	P-107	132.23	22.90	0.006	0.614
P-156	P-77	117.65	22.90	0.011	0.628
PRV-9	P-125	131.87	22.90	0.011	0.626
P-233	PRV-25	146.13	22.90	0.005	0.613
P-234	P-217	133.23	22.90	0.011	0.627
P-144	P-55	137.97	22.90	0.009	0.621
P-172	P-166	145.14	22.90	0.005	0.613
PRV-10	P-91	148.66	22.90	0.003	0.606
P-39	P-148	149.56	22.90	0.003	0.608
P-73	PRV-19	153.91	22.90	0.008	0.619
P-208	P-1	160.35	22.90	0.005	0.613
P-236	P-104	167.76	22.90	0.005	0.613
P-181	PRV-12	171.53	22.90	0.011	0.626
P-64	P-102	166.47	22.90	0.013	0.632
P-188	P-108	179.64	22.90	0.005	0.613
PRV-28	PRV-29	173.50	22.90	0.017	0.642
P-140	P-208	193.59	22.90	0.011	0.626
P-82	PRV-30	191.41	22.90	0.008	0.620
P-125	P-131	204.17	22.90	0.013	0.632
PRV-38	P-61	207.03	22.90	0.006	0.614
P-237	P-136	261.06	22.90	0.003	0.606
P-51	P-5	259.51	22.90	0.008	0.619
PRV-19	P-226	293.09	22.90	0.009	0.621
P-181	P-140	383.73	22.90	0.013	0.632
P-120	P-231	446.16	22.90	0.008	0.619
P-79	P-238	599.62	22.90	0.011	0.626
PRV-11	P-180	2.00	29.40	0.024	0.635
P-234	P-133	4.21	29.40	0.019	0.627
P-53	PRV-33	5.14	29.40	0.027	0.640
PRV-24	P-233	8.38	29.40	0.036	0.652
PRV-17	P-160	8.39	29.40	0.038	0.656
P-160	P-13	10.90	29.40	0.035	0.652
P-89	PRV-24	16.40	29.40	0.037	0.655
P-233	P-214	18.22	29.40	0.030	0.644
P-67	PRV-35	24.57	29.40	0.019	0.628

PRV-16	P-152	28.08	29.40	0.041	0.660
PRV-18	P-234	32.09	29.40	0.030	0.644
P-93	P-49	37.08	29.40	0.037	0.655
PRV-23	P-238	41.03	29.40	0.050	0.674
P-3	P-93	42.43	29.40	0.040	0.659
P-41	P-236	43.44	29.40	0.048	0.671
P-13	P-218	45.88	29.40	0.033	0.648
P-33	PRV-34	50.24	29.40	0.025	0.636
P-7	PRV-11	52.84	29.40	0.024	0.635
P-224	P-114	57.97	29.40	0.029	0.643
P-223	P-3	70.05	29.40	0.043	0.663
PRV-26	P-220	73.70	29.40	0.025	0.637
PRV-34	P-164	81.42	29.40	0.025	0.636
P-70	PRV-16	83.39	29.40	0.040	0.659
P-164	P-67	87.48	29.40	0.022	0.632
P-237	P-41	90.01	29.40	0.051	0.674
PRV-32	P-53	94.35	29.40	0.030	0.644
P-49	P-224	125.54	29.40	0.035	0.651
P-218	PRV-18	126.77	29.40	0.030	0.644
PRV-33	P-33	126.36	29.40	0.027	0.640
P-152	PRV-17	138.56	29.40	0.038	0.656
P-214	PRV-26	145.81	29.40	0.025	0.637
P-236	P-70	156.44	29.40	0.043	0.663
P-238	P-89	314.27	29.40	0.040	0.659
P-133	P-228	323.36	29.40	0.016	0.624
P-114	P-7	437.51	29.40	0.027	0.639
PRV-5	P-219	0.69	43.40	0.089	0.660
PRV-15	P-237	2.00	43.40	0.053	0.636
PRV-8	P-223	2.00	43.40	0.059	0.640
P-101	PRV-8	12.97	43.40	0.059	0.640
P-9	P-116	29.03	43.40	0.064	0.643
PRV-23	P-232	29.16	43.40	0.048	0.633
P-252	PRV-3	30.83	43.40	0.104	0.670
PRV-21	P-255	56.00	43.40	0.051	0.635
P-116	P-101	66.40	43.40	0.062	0.642
PRV-2	P-252	66.48	43.40	0.158	0.707
P-219	P-123	92.71	43.40	0.075	0.651
PRV-1	PRV-2	95.32	43.40	0.158	0.708
P-258	PRV-1	97.62	43.40	0.158	0.708
P-232	PRV-22	113.61	43.40	0.051	0.634
P-11	P-128	121.71	43.40	0.070	0.647
PRV-22	PRV-21	124.48	43.40	0.053	0.636
P-128	P-9	157.16	43.40	0.067	0.645
P-230	P-168	180.94	43.40	0.094	0.664
P-123	P-11	177.54	43.40	0.072	0.649
P-168	P-227	165.60	43.40	0.091	0.662
PRV-3	P-230	208.20	43.40	0.105	0.671
P-227	PRV-5	234.01	43.40	0.089	0.660
P-252	PRV-15	315.87	43.40	0.054	0.637
P-155	PRV-32	510.12	43.40	0.029	0.620
P-255	P-155	1002.15	43.40	0.032	0.622
RES-1	P-258	70.23	54.20	0.240	0.705
P-258	P-255	950.35	54.20	0.082	0.636

Anexo 3. Reporte de válvulas rompe presión San Pedro:

REPORTE DE VRP SAN PEDRO				
PRV	ELEVACIÓN (m)	DIAMETRO (mm)	CAUDAL (L/s)	Δ PRESIÓN (m H ₂ O)
PRV-1	2840.30	54.20	0.502	44.42
PRV-2	2785.09	54.20	0.084	55.21
PRV-3	2735.14	43.40	0.084	49.90
PRV-4	2685.00	29.40	0.057	49.90
PRV-5	2638.19	29.40	0.057	46.77
PRV-6	2585.05	29.40	0.042	53.08
PRV-7	2535.02	29.40	0.011	50.00
PRV-8	2685.36	22.90	0.021	49.73
PRV-9	2636.82	22.90	0.021	48.48
PRV-10	2585.38	22.90	0.011	51.40
PRV-11	2785.80	54.20	0.418	54.36
PRV-12	2735.17	43.40	0.136	50.37
PRV-13	2687.10	43.40	0.121	48.02
PRV-14	2635.20	29.40	0.079	51.62
PRV-15	2594.02	29.40	0.073	41.08
PRV-16	2535.02	22.90	0.026	58.79
PRV-17	2485.13	22.90	0.010	49.84
PRV-18	2535.11	22.90	0.021	58.73
PRV-19	2485.58	22.90	0.016	49.48
PRV-20	2435.59	22.90	0.016	49.94
PRV-21	2385.31	22.90	0.005	50.26
PRV-22	2635.79	29.40	0.026	51.27
PRV-23	2585.14	22.90	0.021	50.55
PRV-24	2535.54	22.90	0.006	49.52
PRV-25	2737.21	43.40	0.267	48.27
PRV-26	2686.51	43.40	0.256	50.43
PRV-27	2650.26	43.40	0.234	35.88
PRV-28	2601.41	22.90	0.047	48.52
PRV-29	2549.87	22.90	0.011	51.40
PRV-30	2585.77	29.40	0.053	63.99
PRV-31	2535.62	22.90	0.031	49.92
PRV-32	2486.27	22.90	0.016	49.21
PRV-33	2438.39	22.90	0.016	47.83
PRV-34	2385.08	22.90	0.010	53.28

Anexo 4. Reporte de válvulas rompe presión Chames.

REPORTE DE VRP CHAMES				
PRV	ELEVACIÓN (m)	DIAMETRO (mm)	CAUDAL (L/s)	Δ PRESIÓN (m H ₂ O)
PRV-1	2830.24	43.40	0.159	49.57
PRV-2	2779.57	43.40	0.159	50.62
PRV-3	2738.15	43.40	0.104	41.38
PRV-4	2680.25	22.90	0.008	57.83
PRV-5	2680.50	43.40	0.089	57.53
PRV-6	2630.63	22.90	0.009	49.83
PRV-7	2581.66	22.90	0.003	48.96
PRV-8	2630.00	43.40	0.059	50.44
PRV-9	2580.16	22.90	0.011	49.77
PRV-10	2580.00	22.90	0.003	49.94
PRV-11	2579.16	29.40	0.024	50.71
PRV-12	2530.16	22.90	0.011	48.97
PRV-13	2480.05	22.90	0.005	50.07
PRV-14	2529.90	22.90	0.005	49.14
PRV-15	2737.42	43.40	0.054	42.10
PRV-16	2680.90	29.40	0.040	56.43
PRV-17	2630.26	29.40	0.038	50.60
PRV-18	2590.81	29.40	0.030	39.42
PRV-19	2535.39	22.90	0.008	55.36
PRV-20	2489.96	22.90	0.005	45.38
PRV-21	2830.04	43.40	0.051	49.77
PRV-22	2780.00	43.40	0.053	50.03
PRV-23	2730.37	43.40	0.048	49.62
PRV-24	2670.00	29.40	0.037	60.28
PRV-25	2630.55	22.90	0.005	39.44
PRV-26	2630.15	29.40	0.025	39.83
PRV-27	2579.64	22.90	0.003	50.48
PRV-28	2580.00	22.90	0.016	50.11
PRV-29	2530.08	22.90	0.017	49.88
PRV-30	2674.12	22.90	0.008	56.15
PRV-31	2626.55	22.90	0.006	47.54
PRV-32	2821.39	43.40	0.029	58.37
PRV-33	2780.57	29.40	0.027	40.81
PRV-34	2730.74	29.40	0.025	49.80
PRV-35	2680.10	29.40	0.019	50.62
PRV-36	2635.35	22.90	0.017	44.72
PRV-37	2584.12	22.90	0.011	51.19
PRV-38	2530.37	22.90	0.006	53.72

Anexo 5. Encuesta realizada a la JASS y a la población respecto a su sistema de agua, y su operación y mantenimiento (la encuesta ha sido realizada a 15 personas de cada comunidad)

	PREGUNTA	RESPUESTA	total	Porcentaje
JASS	¿Han recibido charlas sobre operación y mantenimiento?	Si	0	0%
		No	30	100%
	¿Han recibido charlas sobre desinfección y tratamiento de agua?	Si	0	0%
		No	30	100%
	¿Cuanta con apoyo de algún organismo en el tema de fortalecimiento de JASS?	Si	0	0%
		No	30	100%
	¿Cada que tiempo realiza su faena de limpieza?	1/2 año	0	0%
		1 año	30	100%
USUARIOS	¿Hace uso del aparato sanitario o wáter?	Si	10	33%
		No	20	67%
	Está satisfecho con el sistema, como lo califica:	Bueno	5	17%
		Regular	23	77%
		Malo	2	7%
	¿Qué aspectos negativos le afectan más del sistema de agua?	Económico	25	83%
		Cobertura del servicio	2	7%
		otros	3	10%
	¿Qué tipo de envases usa para el almacenamiento del agua?	Tanque comercial de 1100 lt	16	53%
		Tanque comercial de 2200 lt	8	27%
		Cisterna de cemento	8	27%
		Otros	4	13%
	¿Está de acuerdo con La disposición del agua de dos días a la semana?	Si	26	87%
		No	4	13%
	Con respecto a la cuota mensual que paga	Es baja	0	0%
		Es regular	18	60%
		Es excesiva	12	40%
	¿Se considera una persona puntual en sus pagos?	Si	25	83%
		No	5	17%
	¿Estaría de acuerdo que el servicio se de todos los días?	Si	3	10%
		No	27	90%
	¿Hace uso completo de su modulo sanitario?	Si	7	23%
		No	23	77%

Anexo 6: Resultado de análisis físico químico.



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE AGUAS INFORME DE ENSAYO N° 19047 -2025

Solicitante:	DAVID YOSIMAR GONZALES NUÑEZ
Dirección:	Jr. Ernestina Rodriguez S/N - Conchan

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)	CONTROL DE LABORATORIO
Procedencia de la muestra: Agua Subterranea	Fecha/hora de recepción: 15/12/25 09:43
Fecha/hora de muestreo: 14/12/25 18:27	Fecha de inicio del ensayo: 15/12/25
Muestreado por: David Gonzales Nuñez	Comprobante de pago: Exonerado
Localidad: Comunidad - Ojo de Agua	DATOS DE LA MUESTRA
Distrito: Conchan	Código de Laboratorio: 19616
Provincia: Chota	Código dado por el Solicitante: -----
Departamento: Cajamarca	Punto de muestreo: Manantial - Los Tres Riitos

Ensayos	Resultados	ECA del D.S. N° 004-2017-MINAM "Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias"	Método de ensayo
pH (20,0 °C)	7,25	6.5 – 8.5	Método electrométrico. Parte 4500-H ⁺ B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22 TH Ed.
Conductividad (uS/cm)	332,8	1500	Método de Laboratorio. Parte 2510B. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22 TH Edition.
Sólidos Totales Disueltos STD (mg/l)	163,1	1000	Gravimétrico. Parte 2540C. SMEWW. APHA-AWWA-WEF. 22 TH Ed.
Turbidez (UNT)	0,28	5	SMEWW APHA AWWA WEF, Part 2130B, 22nd Edition, 2012, Turbidity, Nephelometric Method,
Cloro (mg/l)	-	-	Colorimetro, Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Sulfatos SO ₄ (mg/l)	1,2	250	Sulfa Ver 4 Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas
Hierro Fe (mg/l)	0,083	0,3	Ferro Ver Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Cobre: Cu (mg/l)	0,05	2	Bicinchoninate Method. Adaptado de Nakano, S. (Chemical Abstracts, 58 3390e: 1963)
Cromo Cr ⁶⁺ (mg/l)	0,015	0,05	1,5 Diphenylcarbohydrazide Method Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas.
Nitrito: NO ₂ ⁻ (mg/l)	0,0081	3	Diazotization Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Nitrato: NO ₃ ⁻ (mg/l)	1,5	50	Cadmium Reduction Method (Powder Pillows or AccuVacAmpuls)
Aluminio: (Al) (mg/l)	<0,008	0,9	Aluminon Method. Adaptado de Standard Methods para análisis de aguas

Cajamarca, 22 de Diciembre de 2025

Luis H. Mendoza Medina
BIÓLOGO MICROBIÓLOGO
CBP 12800

Anexo 7. Resultado de análisis bacteriológico



GOBIERNO REGIONAL DE CAJAMARCA
DIRECCION REGIONAL DE SALUD CAJAMARCA
DIRECCIÓN EJECUTIVA DE SALUD AMBIENTAL



"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA PERUANA"

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE AGUAS INFORME DE ENSAYO N° 15529 -2025

Solicitante:	DAVID YOSIMAR GONZALES NUÑEZ
Dirección:	Jr. Ernestina Rodriguez S/N - Conchan

DATOS DEL MUESTREO (dados por el solicitante)		CONTROL DE LABORATORIO	
Procedencia de la muestra:	Agua Subterranea	Fecha/hora de recepción:	15/12/25 09:43
Fecha/hora de muestreo:	14/12/25 18:27	Fecha de inicio del ensayo:	15/12/25
Muestreado por:	David Gonzales Nuñez	Comprobante de pago:	Exonerado
Localidad:	Comunidad - Ojo de Agua	DATOS DE LA MUESTRA	
Distrito:	Conchan	Código de Laboratorio:	19616
Provincia:	Chota	Código dado por el Solicitante:	-----
Departamento:	Cajamarca	Punto de muestreo:	Manantial - Los Tres Riitos

Código Lab.	Ensayos			
	Bacterias Heterotróficas (UFC/ ml) a 35°C	Coliformes Totales (NMP/100 ml) a 35°C	Coliformes Fecales (NMP/100 ml) a 44,5°C	E. Coli (NMP/100 ml) a 44,5°C
19616	-	130	23	-

Nota: < 1.8: significa ausencia

Límite de Detección del Método: < 1.8

Método de ensayo: Standard Method Part. 9000. Method 9221 B, E. Multiple-tube fermentation technique for members of the Coliform Group. APHA, AWW, WEF. 22 th ed. 2012

Cajamarca, 22 de Diciembre de 2025

Luis H. Mendoza Medina
BIÓLOGO MICROBIÓLOGO
CBP 12800

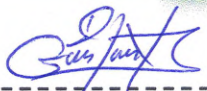
Anexo 8. Certificado de Esclerometría.

TESIS

**EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO
PARA GESTIONAR LA DEMANDA DE LA POBLACIÓN EN LAS
COMUNIDADES DE CHAMES Y SAN PEDRO, DISTRITO DE
CONCHÁN – CHOTA - CAJAMARCA – 2025**

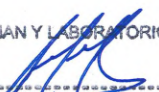
- **TESISTA** : Bach. GONZALES NUÑEZ DAVID YOSIMAR
- **UBICACIÓN** :
 - **DISTRITO** : CONCHÁN
 - **PROVINCIA** : CHOTA
 - **REGIÓN** : CAJAMARCA
- **RESPONSABLE: CIEXLIAN SRL**





DAVID YOSIMAR GONZALES NUÑEZ
Tesisista
DNI: 47088112

Noviembre del 2025

 **CIEXLIAN Y LABORATORIO**

Ing. Hermes Rojas Tiravanti
REG. CIP. 348840



CIEXLIAN
Construyendo sueños

CIEXLIAN S.R.L – LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

RUC: 20604291641

Jr. San Martín N° 860 – Chota – Cajamarca

Número Celular: 950589432- 943450291

ENSAYOS DE LABORATORIO Y PANEL FOTOGRAFICO

CIEXLIAN

Construyendo sueños



CIEXLIAN Y LABORATORIO

Ing. *Hernán Reyes Tiradanti*
REG. CIP. 348849

DAVID YOSIMAR GONZALES NUÑEZ

Tesista

DNI: 47088112



ENSAYO DE ESCLEROMETRÍA (N.T.P.133:181 - ASTM C805)

[illegible]

CÁLCULO


CIEXLIAN Y LABORATORIO
 CIEXLIAN
 Científicos e Ingenieros
 Ing. **Hermes Rojas Tiravanti**
 REG. CIP. 3488940

DAVID YOSIMAR GONZALES NUÑEZ
Tesisista
DNI: 47088112

ENSAYO DE ESCLERÓMETROMETRIA (N.T.P.133:181 - ASTM C805)

FECHA INFO 20/11/2025

TESISTA

Bach. GONZALES NUÑEZ DAVID YOSIMAR

PROYECTO DE

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA GESTIONAR LA DEMANDA DE LA POBLACIÓN EN LAS COMUNIDADES DE CHAMES Y SAN PEDRO, DISTRITO DE CONCHÁN - CHOTA - CAJAMARCA - 2025

UBICACIÓN DE

COMUNIDADES DE CHAMES Y SAN PEDRO

EQUIPO EMPLE

ESCLEROMETRO MARCA "FORNEY, MODELO LA-0352, SERIE 124"

PANEL FOTOGRAFICO



magen N.º 1: La imagen observa la vista general del reservorio de San Pedro, en el cual se llevará a cabo un ensayo no destructivo con la finalidad de evaluar la resistencia superficial y la uniformidad del concreto existente.



magen N.º 2: La imagen muestra la ejecución del ensayo de esclerometría en la estructura del reservorio de San Pedro, el cual corresponde a un método no destructivo empleado para evaluar la resistencia superficial y la uniformidad del concreto existente.



magen N.º 3: La imagen muestra la ejecución del ensayo de esclerometría en la estructura del reservorio de Chames, el cual corresponde a un método no destructivo empleado para evaluar la resistencia superficial y la uniformidad del concreto existente.



magen N.º 4: La imagen muestra la ejecución del ensayo de esclerometría en la estructura del reservorio de Chames, el cual corresponde a un método no destructivo empleado para evaluar la resistencia superficial y la uniformidad del concreto existente.

DAVID YOSIMAR GONZALES NUÑEZ

Tesista

DNI: 47088112

ENSAYO DE ESCLERÓMETROMETRIA (N.T.P.133:181 - ASTM C805)

FECHA INF 20/11/2025

TESISTA

Bach. GONZALES NUÑEZ DAVID YOSIMAR

PROYECTO DE

EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA GESTIONAR LA DEMANDA DE LA POBLACIÓN EN LAS COMUNIDADES DE CHAMES Y SAN PEDRO, DISTRITO DE CONCHÁN – CHOTA - CAJAMARCA – 2025

UBICACIÓN DE

COMUNIDADES DE CHAMES Y SAN PEDRO

EQUIPO EMPLE

ESCLERÓMETRO MARCA "FORNEY, MODELO LA-0352, SERIE 124"

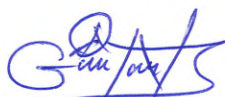
PANEL FOTOGRÁFICO



magen N.º 5: La imagen observa la vista general del de estacion N° 3, en el cual se llevará a cabo un ensayo no destructivo con la finalidad de evaluar la resistencia superficial y la uniformidad del concreto existente.



magen N.º 6: La imagen muestra la ejecución del ensayo de esclerometría en la estructura del de estacion N° 3, el cual corresponde a un método no destructivo empleado para evaluar la resistencia superficial y la uniformidad del concreto existente.



DAVID YOSIMAR GONZALES NUÑEZ

Tesista

DNI: 47088112

CIEXLIAN Y LABORATORIO
CIEXLIAN
Ing. Hernán Rojas (T.º 100)
REG. C.P. 342

Anexo 9. Panel fotográfico del sistema.

Figura 71

Obsolescencia crítica de los sistemas de seguridad física en las casetas de bombeo, cámaras de carga y reservorios.



Los dispositivos de cierre y candados presentan un estado de corrosión avanzada que los hace inoperativos, comprometiendo el resguardo de los activos.

Figura 72

Almacenamiento de agua en las comunidades de Chames y San Pedro.





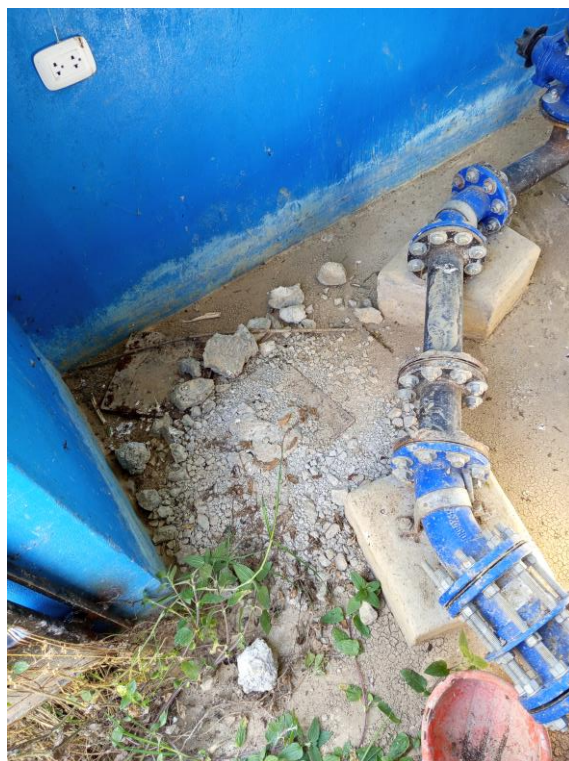
El almacenamiento de agua en Chames y San Pedro es común en las familias debido a la intermitencia del servicio, forzándose a almacenar el agua en tanques comerciales y en cisternas de concreto.

Figura 73

Ausencia crítica de mantenimiento en toda la infraestructura del sistema.







Se evidencia un estado de abandono en los componentes del sistema, manifestado por una corrosión avanzada (óxido) en los elementos metálicos y la proliferación de maleza densa que compromete el acceso y la integridad de las estructuras. Asimismo, se ha detectado la presencia de accesorios fracturados y válvulas con intervenciones empíricas (refacciones improvisadas)

Figura 74

Tubería de conducción de Chames expuesta en camino de herradura.



Tramo crítico de la línea de conducción en la comunidad de Chames que se encuentra expuesto superficialmente poniendolo en riesgo inminente debido al tránsito constante de peatones y ganado en la zona.

Figura 75

Vigilantes de agua en su rutina en el día de servicio.



La distribución del recurso hídrico se realiza de manera empírica por parte de los vigilantes, quienes, a pesar de su compromiso, carecen de la formación técnica necesaria para la gestión de válvulas y control de presiones.

Figura 76

Medición de presiones en las comunidades de Chames y San Pedro con uso de nanómetro.





Como parte del protocolo de validación, se realizó el monitoreo de presiones in situ mediante el uso de un manómetro debidamente calibrado. Los datos obtenidos en campo fueron contrastados con los resultados del modelamiento hidráulico, permitiendo verificar la correlación entre el comportamiento teórico y la operación real de la red.

Figura 77

Ensayo de esclerometría en los reservorios de San Pedro, Chames, y estación N 03.



Se evaluaron 3 estructuras como parte de los objetivos de la investigación

Figura 78

Tanque de cloración y equipo de goteo inutilizado en el sistema.



Se ha verificado que el sistema de agua posee la totalidad de los componentes y equipos electromecánicos necesarios para su funcionamiento; sin embargo, estos se encuentran actualmente inutilizados y en estado de abandono operativo.

GLD A UÍ DOLDA AHa A GSÓA TR N AUa TLUA ULHS F

dínmi s- Nvt d rsi írv Ap i ó i - f r t • sn dínñr u



É G pi l pB Vl ys pl flyt fivuyff yfn" f vuffgrl O

É Audi ci l pB R fiff rf hput l fiop y " rñf fi é i us phpf yf fiO

2. DASADUFSÓTUDAT UÍ DOLDAT

T i óníní dít i D Vel .d

gi t i vñD

c" gufiE . 5

I utl áput l fiE . B

MsvínñD Nyfi

dínñr u avt rui sD

c" gufiE: - C0 - 21 é 2: GAa

I utl áput l fiE21 GAa

2.2 OPSN AT EF SFGFSFODIA

a gd 3CC.002D2015. c" gufi l Vurp)l ruy" yu il 1/4 pu, Uu vrf fip hfi u)Vel .d, vfyf hut i " hhp t il " p ufi f vyl fip t Oal x" rñf fi é s flui ufi l l t ff éuO

a gd 3CC.01CD2004. (ín rñi m ns2015) I utl áput l fi l Vurp)l ruy" yu il 1/4 pu, Uu vrf fip hfi u)Vel .d, vfyf hut i " hhp t il " p ufi f vyl fip t rñfyphfi ufi vuy p él h. h p t O

2.3 MÓFAT DPN RMFN FOUASLAT

Rt l f i l Vl nfs l t flufi T ffl' fip c pñl O

3. CFOFGDLPT

- Fácil instalación.
- Resistente a la abrasión.
- Resistente a la corrosión.
- No permite incrustaciones.
- Línea completa.

: . LOTUAMADLÓO

: .2 LOTUAMADLÓO

1



20 l uyff y f l fi h" fi yf rufi l áf l s ufi i l rufi fl' gufi é l rñs p f y r f fi 1/4" ff fiO

50 al rñt ff yE Mfi l r vyuh l i p s p t fl u vfyf rñs v p f y r f fi y l g f g f f i x" l x" l i f y u t i l f i v" f i i l r h u y f l O L l l f i f f u v l y f h p t i l v l t i l s " h o u r f l r h h p p f i i l r f " t p t O

GLD A UÍ DOIDA AHa A GSÓA TR N AUa TIUA UIHSF

dínmi s- Nvt d rsi írv Ap i á i - f r t • sn dínñr u



WUFN T EF MA MÓFA

**TUBOS PARA LA INSTALACIÓN DE FLUIDOS
A PRESIÓN CON EMPALME ESPIGA CAMPANA
CLASE 5,0 (0.5 Mpa) (75 Lbs/Pulg²)**



Diámetro Nominal (pulg)	Diámetro Exterior (mm)	Diámetro Interior (mm)	Espesor (mm)	Largo del tubo (m)	Largo mínimo de campana (mm) según NTP	Largo de campana (mm) Rango de trabajo	Peso tubo aprox. (kg)
2"	60,0	56,4	1,8	5,00	45,00	60	2,46
2 1/2"	73,0	69,4	1,8	5,00	54,75	65	3,01
3"	88,5	84,10	2,2	5,00	66,37	70	4,46
4"	114,0	108,4	2,8	5,00	85,50	90	7,32
6"	168,5	159,80	4,1	5,00	126,00	145	15,80

**TUBOS PARA LA INSTALACIÓN DE FLUIDOS A
PRESIÓN CON EMPALME ESPIGA CAMPANA
CLASE 7,5 (0.75 Mpa) (105 Lbs/Pulg²)**

Diámetro Nominal (pulg)	Diámetro Exterior (mm)	Diámetro Interior (mm)	Espesor (mm)	Largo del tubo (m)	Largo mínimo de campana (mm) según NTP	Largo de campana (mm) Rango de trabajo	Peso tubo aprox. (kg)
1 1/4"	42,0	38,40	1,8	5,00	31,50	40	1,68
1 1/2"	48,0	44,40	1,8	5,00	36,00	50	1,93
2"	60,0	55,60	2,2	5,00	45,00	60	2,94
2 1/2"	73,0	67,80	2,6	5,00	54,75	65	4,24
3"	88,5	82,10	3,2	5,00	66,37	70	6,32
4"	114,0	105,80	4,1	5,00	85,50	90	10,43
6"	168,0	155,80	6,1	5,00	126,00	145	22,87

**TUBOS PARA LA INSTALACIÓN DE FLUIDOS A
PRESIÓN CON EMPALME ESPIGA CAMPANA
CLASE 10 (1.0 Mpa) (150 Lbs/Pulg²)**

Diámetro Nominal (pulg)	Diámetro Exterior (mm)	Diámetro Interior (mm)	Espesor (mm)	Largo del tubo (m)	Largo mínimo de campana (mm) según NTP	Largo de campana (mm) Rango de trabajo	Peso tubo aprox. (kg)
1/2"	21,0	17,40	1,8	5,00	15,75	25	0,80
3/4"	26,5	22,90	1,8	5,00	19,88	30	1,03
1"	33,0	29,40	1,8	5,00	24,75	35	1,30
1 1/4"	42,0	38,00	2,0	5,00	31,50	40	1,85
1 1/2"	48,0	43,40	2,3	5,00	36,00	50	2,43
2"	60,0	54,20	2,9	5,00	45,00	60	3,83
2 1/2"	73,0	66,00	3,5	5,00	54,75	65	5,63
3"	88,5	80,10	4,2	5,00	66,37	70	8,20
4"	114,0	103,20	5,4	5,00	85,50	90	13,58
6"	168,0	152,00	8,0	5,00	126,00	145	29,64

**TUBOS PARA LA INSTALACIÓN DE FLUIDOS A
PRESIÓN CON EMPALME ESPIGA CAMPANA
CLASE 15 (1.5 Mpa) (225 Lbs/Pulg²)**

Diámetro Nominal (pulg)	Diámetro Exterior (mm)	Diámetro Interior (mm)	Espesor (mm)	Largo del tubo (m)	Largo mínimo de campana (mm) según NTP	Largo de campana (mm) Rango de trabajo	Peso tubo aprox. (kg)
1/2"	21,0	17,40	1,8	5,00	15,75	25	0,81
3/4"	26,5	22,90	1,8	5,00	19,88	30	1,05
1"	33,0	28,4	2,3	5,00	24,75	35	1,66
1 1/4"	42,0	36,2	2,9	5,00	31,50	40	2,67
1 1/2"	48,0	41,4	3,3	5,00	36,00	50	3,47
2"	60,0	51,6	4,2	5,00	45,00	60	5,51
2 1/2"	73,0	62,8	5,1	5,00	54,75	65	8,14
3"	88,5	76,1	6,2	5,00	66,37	70	12,00
4"	114,0	98	8,0	5,00	85,50	90	19,94
6"	168,0	114,6	11,7	5,00	126,00	145	43,00

(*) Conexiones termoformadas

Co Tubo Doble Coextrusión

GLDI A UÍ DOIDA AHa A GSÓA TR N AUa TIUA UIHSF

dínmi s- Nvt d rsi írv Ap i á i - f r t • sn dínñr u



CODOS DE 90° SIMPLE PRESIÓN



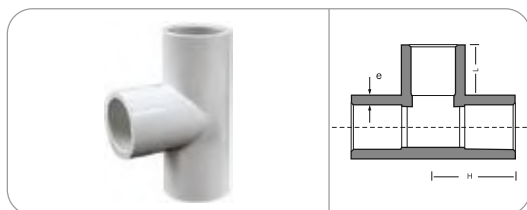
Diámetro Ref. (pulg)	Diámetro Nominal (mm)	Espesor e (mm)	Medidas (mm)		Peso Ref. (g)
			H	Largo de Campana L	
1/2"	21,0	4,38	39	24	38
3/4"	26,5	4,58	48	30	60
1"	33,0	5,45	57	35	105
1 1/4"	42,0	7,47	60	38	191
1 1/2"	48,0	5,62	62	40	141
2"	60,0	-	85	64	265
2 1/2"(*)	73,0	3,5	105	65	198
3"(*)	88,5	4,2	114	70	311
4"(*)	114,0	5,4	144	90	632
6"(*)	168,0	11,7	191	145	2546

CODOS DE 45° SIMPLE PRESIÓN (*)



Diámetro Ref. (pulg)	Diámetro Nominal (mm)	Espesor e (mm)	Medidas (mm)		Peso Ref. (g)
			H	Largo de Campana L	
1/2"	21,0	2,6	41	25	12
3/4"	26,5	2,7	48	30	18
1"	33,0	2,8	53	35	25
1 1/4"	42,0	3,4	65	38	40
1 1/2"	48,0	3,9	73	40	62
2"	60,0	3,9	85	50	122
2 1/2"	73,0	3,5	105	65	198
3"	88,5	4,2	114	70	311
4"	114,0	5,4	144	90	632
6"	168,0	8,0	191	145	2250

TEES SIMPLE PRESIÓN



Diámetro Ref. (pulg)	Diámetro Nominal (mm)	Espesor e (mm)	Medidas (mm)		Peso Ref. (g)
			H1	Largo de Campana L	
1/2"	21,0	4,43	39	24	52
3/4"	26,5	4,65	48	30	84
1"	33,0	5,45	57	35	142
1 1/4"	42,0	-	60	43	278
1 1/2"	48,0	6,95	60	45	205
2"	60,0	6,00	76	49	357

UNIONES SIMPLE PRESIÓN



Diámetro Ref. (pulg)	Diámetro Nominal (mm)	Espesor e (mm)	Medidas L (mm)	Peso Ref. (g)
1/2"	21,0	2,6	68	16
3/4"	26,5	2,7	79	20
1"	33,0	2,8	85	23
1 1/4"	42,0	3,4	102	37
1 1/2"	48,0	3,9	125	59
2"	60,0	3,9	145	121
2 1/2"(*)	73,0	3,5	159	179
3"(*)	88,5	4,2	173	310
4"(*)	114,0	5,4	220	549
6"(*)	168,0	11,7	332	2190

(*) Conexiones termoformadas

GLD A UÍ DOIDA AHa A GSÓÁ TR N AUa TIUA UIHSF

dínmi s- Nvt d rsi ív Ap i á i - f r t • sn dínñr u

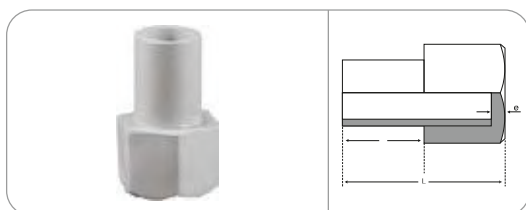


UNIÓN UNIVERSAL SIMPLE PRESIÓN



Diámetro Ref. (pulg)	A (mm)	B (mm)	D (pulg)
1/2"	52,90	48,60	1/2"
3/4"	53,30	52,20	3/4"
1"	58,00	61,90	1"

TAPONES MACHO SIMPLE PRESIÓN



Diámetro Ref. (pulg)	Diámetro Nominal (mm)	Espesor e (mm)	Medidas (mm)		Peso Ref. (g)
			H	l	
1/2" (*)	21,0	1,75	53	30	24
3/4" (*)	26,5	1,85	59	35	33
1" (*)	33,0	1,95	65	40	70

TAPONES HEMBRA SIMPLE PRESIÓN



Diámetro Ref. (pulg)	Diámetro Nominal (mm)	Espesor e (mm)	Medidas (mm)		Peso Ref. (g)
			L	l	
1/2"	21,0	5,10	22	19	16
3/4"	26,0	5,42	22	19	20
1"	33,0	4,36	22	19	32
1 1/4" (*)	42,0	8,0	36	30	36
1 1/2" (*)	48,0	8,0	37	32	38
2" (*)	60,0	8,0	38	34	40
2 1/2" (*)	73,0	8,0	47	43	85
3" (*)	88,5	8,0	50	45	108
4" (*)	114,0	8,0	65	60	256
6" (*)	168,0	8,0	94	87	484

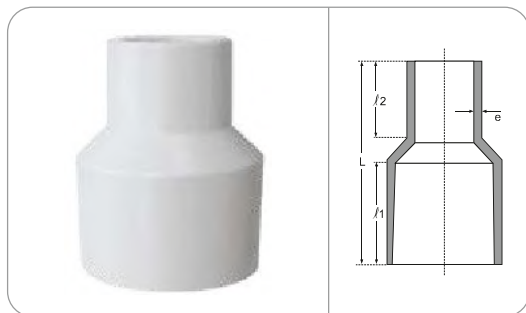
(*) Conexiones termoformadas

GLD A UÍ DOLDA AHa A GSÓA TR N AUa TLUA UIHSF

dínmi s- Nvt d rsi írv Ap i á i - f rt • sn dínñr u



REDUCCIONES SIMPLE PRESIÓN



Diámetro Ref. (pulg)	Diámetro Nominal (mm)	Espesor e (mm)	Medidas (mm)			Peso Ref. (g)
			Largo de Campana			
			L	ℓ1	ℓ2	
3/4" a 1/2"	26,5 - 21,0	2,9	52	25	18	27
1" a 1/2"	33,0 - 21,0	3,4	52	26	18	40
1" a 3/4"	33,0 - 26,5	3,4	53	27	17	46
1 1/4" a 1/2"*	42,0 - 21,0	3,6	100	40	30	67
1 1/4" a 3/4"*	42,0 - 26,5	3,6	104	40	35	66
1 1/4" a 1"*	42,0 - 33,0	3,7	110	40	40	70
1 1/2" a 1/2"*	48,0 - 21,0	3,7	120	50	30	84
1 1/2" a 3/4"*	48,0 - 26,5	3,7	126	50	35	59
1 1/2" a 1"*	48,0 - 33,0	3,7	130	50	40	98
1 1/2" a 1/4"*	48,0 - 42,0	3,9	137	50	45	100
2" a 1/2"*	60 - 21,0	3,3	148	60	50	96
2" a 3/4"*	60 - 26,5	3,9	140	60	38	190
2" a 1"*	60 - 33,0	3,9	143	60	42	200
2" a 1 1/4"*	60 - 42,0	3,9	148	60	50	204
2" a 1 1/2"*	60 - 48,0	5,1	150	60	55	206
2 1/2" a 1"*	73 - 33,0	5,1	150	65	45	206
2 1/2" a 1 1/4"*	73 - 42,0	5,1	150	65	45	206
2 1/2" a 1 1/2"*	73 - 48,0	5,1	150	65	45	206
2 1/2" a 2"*	73 - 60,0	6,2	157	65	55	210
3" a 1"*	88,5 - 33,0	6,2	180	70	55	215
3" a 1 1/2"*	88,5 - 48,0	6,2	180	70	55	215
3" a 2"*	88,5 - 60,0	6,2	187	70	65	283
3" a 2 1/2"*	88,5 - 130,0	8,0	195	70	70	301
4" a 1 1/2"*	114,0 - 8,0	8,0	217	90	65	408
4" a 2"*	114,0 - 60,0	8,0	217	90	65	408
4" a 2 1/2"*	114,0 - 73,0	8,0	222	90	70	580
4" a 3"*	114,0 - 88,5	8,0	228	90	75	615
6" a 2"*	168,0 - 60,0	11,7	300	145	70	-
6" a 3"*	168,0 - 88,5	11,7	310	145	90	-
6" a 4"*	168,0 - 114,0	11,7	330	145	110	1873

(*) Conexiones termoformadas

ANEXO 11: Red de distribución San Pedro

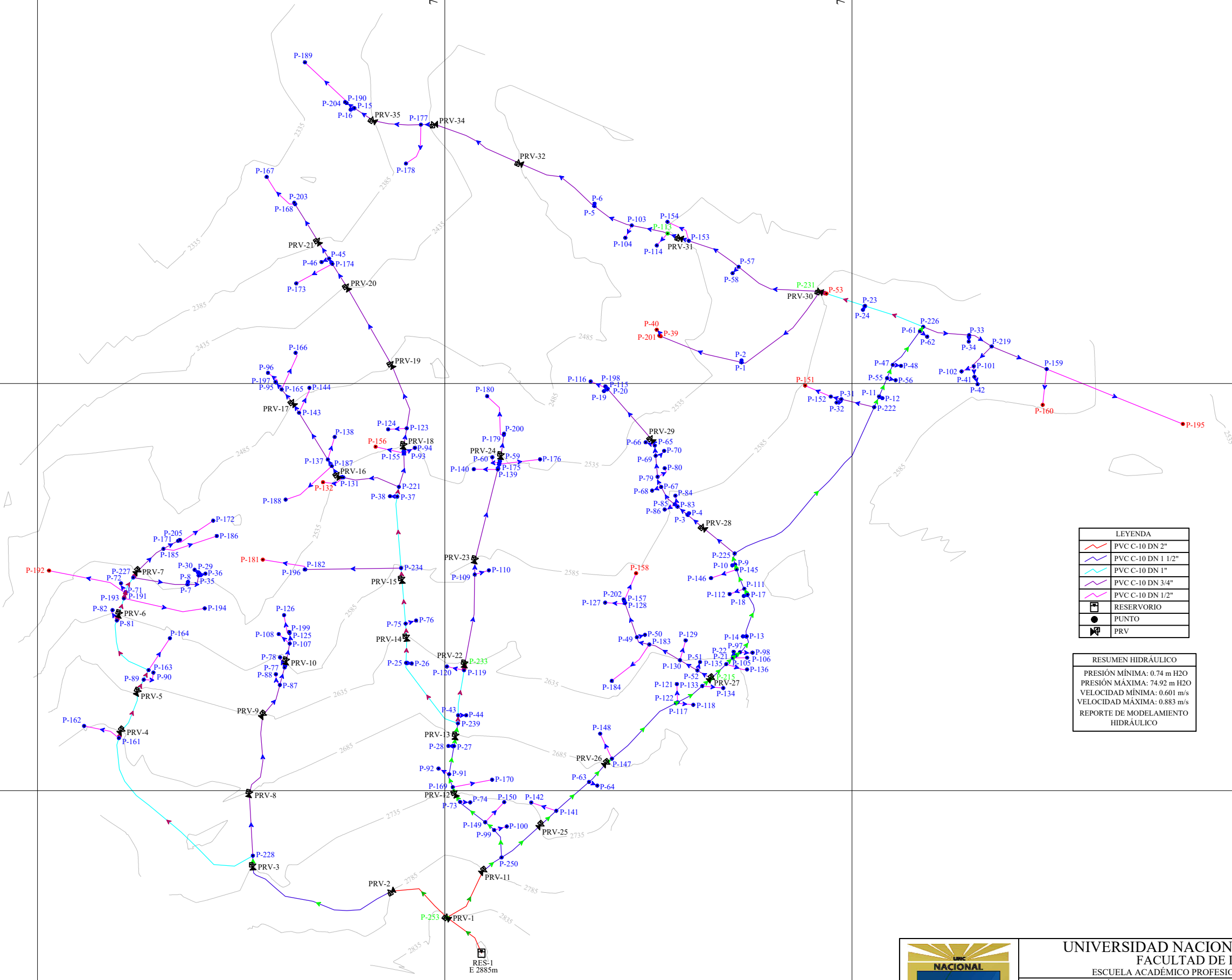
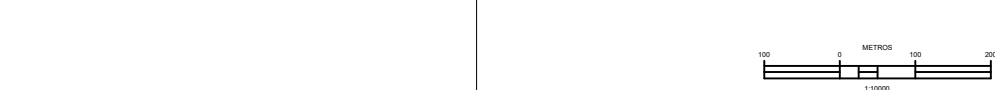


9,286,000 N

9,286,000 N

9,285,000 N

9,285,000 N



LEYENDA

	PVC C-10 DN 2"
	PVC C-10 DN 1 1/2"
	PVC C-10 DN 1"
	PVC C-10 DN 3/4"
	PVC C-10 DN 1/2"
	RESERVORIO
	PUNTO
	PRV

RESUMEN HIDRÁULICO

PRESIÓN MÍNIMA: 0.74 m H2O
PRESIÓN MÁXIMA: 74.92 m H2O
VELOCIDAD MÍNIMA: 0.601 m/s
VELOCIDAD MÁXIMA: 0.883 m/s
REPORTE DE MODELAMIENTO HIDRÁULICO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA		
FACULTAD DE INGENIERÍA		
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL		
TESIS: EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE AGUA DE CONSUMO HUMANO PARA GESTIONAR LA DEMANDA DE LA POBLACIÓN EN LAS COMUNIDADES DE CHAMES Y SAN PEDRO, DISTRITO DE CONCHÁN – CHOTA - CAJAMARCA – 2025		
PLANO:MODELAMIENTO HIDRÁULICO RED DE DISTRIBUCIÓN SAN PEDRO 01		ESCALA: 1/10000
BACHILLER:	DAVID YOSIMAR GONZALES NUÑEZ	PLANO N°: <

ANEXO 12: Red de distribución de Chames

